



Universidade de Aveiro

Departamento de Engenharia Civil

Ano 2016

**Pedro Mota Cardoso
Neves da Silva**

**Aplicação do BIM à Gestão de Infraestruturas de
Abastecimento de Água**



**Pedro Mota Cardoso
Neves da Silva**

**Aplicação do BIM à Gestão de Infraestruturas de
Abastecimento de Água**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e coorientação científica do Professor Doutor Hugo Filipe Pinheiro Rodrigues, Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Para a minha família

o júri

Presidente

Prof. Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
Professora Associada da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor João Pedro da Silva Poças Martins
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro.

agradecimentos

É com grande entusiasmo e satisfação pessoal que dou por terminada esta longa e importante caminhada, consagrada com a entrega da presente dissertação.

Quero aproveitar para, desde já, expressar um agradecimento especial aqueles que de uma maneira ou de outra desempenharam um papel fundamental na concretização deste projeto.

Um agradecimento especial à minha orientadora Exma. Professora Doutora Fernanda Rodrigues pela constante disponibilidade, empenho, simpatia e partilha de conhecimento. Ao meu coorientador Exmo. Professor Doutor Hugo Rodrigues pela igual simpatia e disponibilidade.

Um agradecimento à empresa Águas da Região de Aveiro pela disponibilidade na utilização das suas infraestruturas, mostrando um sentido de cooperação assinalável.

A todos os meus amigos pelos momentos proporcionados, apoio e incentivo incondicional.

Por ultimo, às pessoas a quem dedico este trabalho, aos meus pais e aos meus irmãos pelo apoio e preocupação constante, estabelecendo sempre uma estrutura familiar forte para que tudo isto se pudesse proporcionar.

palavras-chave

Building Information Modelling (BIM), Life Cycle, Construction Operation Building information exchange (COBie), Facility Management (FM).

resumo

BIM – *Building Information Modelling* apresenta-se como a ferramenta do futuro no sector AEC, ao fomentar toda uma nova metodologia de trabalho envolvendo todas as fases do ciclo de vida de um edifício. Apoiado por uma capacidade gráfica sem precedentes no sector da construção e por uma base de dados que possibilita o armazenamento de informação desde as fases iniciais do projeto, o conceito BIM aparece cada vez mais ligado ao conceito de *Facility Management* devido às vantagens que este acarreta para a gestão de instalações.

O presente trabalho desdobra-se numa tentativa de contribuir para a implementação do conceito de *Facility Management* (FM) em Portugal, associada ao *Building Information Modelling*. Sabendo-se que o mercado da construção de novos edifícios e infraestruturas tem vindo a abrandar nos últimos anos, o desafio de hoje envolve a gestão e manutenção de edifícios já existentes.

Para o caso de estudo, foram escolhidos dois edifícios de abastecimento de água, tendo também em consideração o equipamento integrado nestes. Foi desenvolvido um modelo tridimensional de cada um dos edifícios, assim como dos equipamentos existentes, usando o *Autodesk Revit* 2016. De seguida, foram introduzidas todas as informações disponíveis para cada elemento no modelo, criando assim uma base de dados onde a informação é armazenada. Em seguida, utilizando a tecnologia *Construction Operation Building information exchange*, a base de dados foi exportada para ajudar os operadores das fases de gestão e manutenção.

Por ultimo, foi criado um fluxo de trabalho através do *software Dynamo*, a fim de construir um método para atualizar as informações presentes no modelo através da alteração nas folhas de cálculo COBie. O modelo foi ainda integrado na plataforma A360, com o objetivo de criar um novo tipo de interface para facilitar a interação entre a equipa de operação.

keywords

Building Information Modelling (BIM), Life Cycle, Construction Operation Building information exchange (COBie), Facility Management (FM).

abstract

BIM – Building Information Modelling presents itself as tool for the future in Architecture, Engineering and Construction (AEC) sector, stimulating a whole new work methodology involving all the stages in a buildings life cycle. Supported by an unprecedented graphics capabilities and a database that allows information storage from the early stages of the project, the BIM concept appears increasingly linked with the concept of Facility Management due the advantages that this entails for operating and maintaining of buildings.

The present work intends to contribute to the implementation of the Facility Management (FM) concept in Portugal, associated with Building Information Modelling. Knowing that the construction market for new buildings and infrastructures has been slowing down in the last years, the challenge nowadays involves the management and maintenance of the existing buildings.

For the case study, two water distribution buildings were selected and studied, including the equipment integrated on them. A three-dimensional model was developed using Autodesk Revit 2016, in which were introduced all the information available for each element in the model, creating a database where the information is stored. Then, using Construction Operation Building information exchange, the database was exported helping out those who work in the operation and maintenance phase.

Finally, it was created a workflow through Dynamo software in order to build a method to update the information in the model through the modification in the COBie spreadsheets. The model was integrated in A360 platform, aiming to create a new kind of interface that facilitate the interaction between the operation staff.

Índice Geral

Índice de Figuras	XVII
Índice de Tabelas	XIX
Lista de Abreviaturas, acrónimos e siglas	XXI
Capítulo 1. Introdução	3
1.1. Enquadramento Geral	3
1.2. Âmbito e objetivos	5
1.3. Estrutura da dissertação	7
Capítulo 2. Building Information Modelling.....	11
2.1. Considerações gerais	11
2.2. Metodologias de Aplicação	14
2.3. Diferentes Dimensões BIM	16
2.4. Interoperabilidade.....	18
2.4.1. IFC, IMD e IFD.....	20
2.5. Níveis de Desenvolvimento.....	21
2.6. Programas BIM	24
2.6.1. Autodesk Revit	25
Capítulo 3. Facility Management	31
3.1. Gestão de Edifícios.....	31
3.1.1. Gestão Económica.....	32
3.1.2. Gestão Funcional	33
3.1.3. Gestão Técnica	34
3.2. Facility Management.....	35
3.2.1. Considerações Iniciais	35
3.2.2. Modelo FM	36
3.2.3. Integração do BIM no FM.....	38
3.2.4. COBie e o ciclo de vida do projeto.....	42
3.3. Políticas e Estratégias de Manutenção de edifícios	49
3.3.1. Manutenção Preventiva.....	51
3.3.2. Manutenção Integrada	52
3.3.3. Sistemas de dados informáticos.....	53

3.4.	Programas de aplicação ao FM.....	55
3.4.1.	<i>IBM Maximo Asset Management</i>	56
Capítulo 4.	Casos de Estudo	61
4.1.	Enquadramento Inicial	61
4.2.	Apresentação dos Casos de Estudo	63
4.2.1.	<i>Reservatório A</i>	63
4.2.2.	<i>Reservatório B</i>	64
4.3.	Modelação 3D	65
4.3.1.	<i>Arquitetura</i>	66
4.3.2.	<i>Modelação Paramétrica</i>	69
4.3.3.	<i>Introdução ao “Mechanical Electrical and Plumbing”</i>	71
4.3.4.	<i>Classificação dos Espaços</i>	76
4.4.	Integração Revit-COBie	78
4.4.1.	<i>COBie Extension</i>	79
4.4.2.	<i>Folha de Cálculo COBie</i>	83
4.5.	Síntese	88
4.6.	Dynamo	90
4.7.	Autodesk 360.....	94
Capítulo 5.	Conclusões e Desenvolvimentos Futuros	99
5.1.	Síntese do Trabalho Realizado	99
5.2.	Dificuldades Sentidas	101
5.3.	Proposta de Desenvolvimentos Futuros	102
Referências Bibliográficas		105

Índice de Figuras

Figura 1 - Perspetiva aproximada da evolução temporal da indústria AEC (Engenheiros 2014).....	12
Figura 2 - <i>Building Information Modeling</i> presente em todo o ciclo de vida do edifício (Dispenza 2010) 14	
Figura 3 - Curva de MacLeamy (Soares, 2013)	15
Figura 4 - Diferentes abordagens do BIM (Eastman et al, 2008)	18
Figura 5 - Metodologia BIM num projeto de construção (Oliver 2011)	20
Figura 6 - Triângulo padrão buildingSMART (buildingSMART, 2013a).....	21
Figura 7 - LOD quando aplicado a um elemento (McPhee 2013).....	22
Figura 8 - Níveis de desenvolvimento BIM (Silva 2013).....	23
Figura 9 – Exemplos de programas BIM disponíveis no mercado (Antunes 2013)	25
Figura 10 - Revit Worksharing (Stephens 2016).....	27
Figura 11 - Totalidade dos custos envolvidos por um edifício (Silva 2003)	32
Figura 12 - Processos de Gestão Financeira (Calejo 2001)	33
Figura 13 - Processos de Gestão Funcional (Calejo 2001)	34
Figura 14 - Processos de Gestão Técnica (Calejo 2001)	34
Figura 15 - Visão do BIM para a integração do <i>Facility Management</i> (GSA 2011).....	40
Figura 16 - Processo de Integração do BIM-FM (Lavy & Jawadekar 2014)	41
Figura 17 - Ciclo de Vida BIM (Cerovšek 2013)	42
Figura 18 – Modelo de Gestão do ciclo de vida da instalação (Contracting 2012)	44
Figura 19 - Processo de Gestão de ficheiros COBie (BIWG, 2011).....	45
Figura 20 - Informação correspondente à fase de projeto (East 2014)	46
Figura 21 - Informação correspondente à fase de construção (East 2014)	47
Figura 22 - Informação relativa à fase de vistorias e testes do sistema (East 2014).....	48
Figura 23 - Políticas de Manutenção (Alves 2008)	51
Figura 24 - Fluxograma da estrutura das diferentes áreas dum SIM (Rodrigues, 2001)	53
Figura 25 - Vista de satélite do Reservatório A (Fonte: Google Maps).	63
Figura 26 - Fotografias do Reservatório A, retiradas no local.....	64
Figura 27 - Vista de satélite do Reservatório B (Fonte: Google Maps).....	64
Figura 28 - Fotografias do Reservatório B, retiradas no Local.....	65
Figura 29 - Corte do Reservatório A com os respetivos “Levels” utilizados	67
Figura 30 – “Render” do modelo 3D do Reservatório A, retirado do Autodesk Revit	68
Figura 31 - Perspetivas do Modelo 3D.....	69
Figura 32 - Alçados principal e posterior	69
Figura 33 - Categorias Gerais de Objetos em Revit Autodesk	70
Figura 34 - Hierarquia dos elementos no Revit	71
Figura 35 - Fotografias de equipamentos do Reservatório B retiradas no local	73

Figura 36 - Perspetiva 3D da parte superior do reservatório e do seu interior.....	73
Figura 37 - Fotografias de alguns equipamentos existentes no Reservatório B, retirado no local	74
Figura 38 - Perspetiva 3D do modelo MEP final	75
Figura 39 - Projeções do interior do modelo 3D, com ilustração dos equipamentos.....	76
Figura 40 - Perspetiva 3D do Reservatório Elevado em corte	76
Figura 41 - Planta do esquema de cores consoante os espaços definidos	77
Figura 42 – Exemplo dos parâmetros da base de dados Revit e parâmetros do ficheiro COBie	78
Figura 43 - <i>Plug-in</i> da Autodesk, <i>COBie Extension</i>	79
Figura 44 - Separador “ <i>Setup</i> ” do <i>Toolkit</i>	80
Figura 45 - Separadores do Menu “ <i>Setup</i> ”	80
Figura 46 - Menu “ <i>Modify</i> ”, <i>COBie Extension</i>	82
Figura 47 – Interface do “ <i>Zone Manager</i> ” e o agrupamento de espaços por zonas	83
Figura 48 - Esquema de cores da folha de cálculo COBie	84
Figura 49 – Correspondência do esquema de cores, retirado da folha de cálculo COBie	84
Figura 50 - Separador <i>Instruction</i>	85
Figura 51 – Folha de cálculo referente aos contactos	85
Figura 52 – Folha de cálculo referente à instalação.....	86
Figura 53 – Folha de cálculo referente aos Pisos.....	86
Figura 54 – Folha de cálculo referente aos espaços.....	86
Figura 55 – Folha de cálculo referente às zonas	87
Figura 56 – Folha de cálculo referente aos tipos de componentes.....	87
Figura 57 – Folha de cálculo referente aos componentes	88
Figura 58 - Folha de cálculo referente aos sistemas	88
Figura 59 - Esquema representativo das etapas realizadas	89
Figura 60 - <i>Add-in</i> correspondente ao Dynamo 1.2.....	90
Figura 61 - Interface do Dynamo	91
Figura 62 - “ <i>Workflow</i> ” criado para atualização dos dados do “ <i>COBie.Type.Manufacturer</i> ” correspondente à Bomba nº1	93
Figura 63 - Interface A360	95
Figura 64 - Propriedades da Bomba nº 1 disponíveis num dispositivo móvel.....	95
Figura 65 - Propriedades de um dos medidores de caudal no dispositivo móvel	96

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Relação entre as fases do projeto definidas na Portaria n.º 701-H/2008 e o LOD, adaptado de (Barbosa 2014)	24
Tabela 2 - Formatos suportados pelo Revit	27
Tabela 3 - Análise SOWT do método de trabalho proposto	101

Lista de Abreviaturas, acrónimos e siglas

AdRA	Águas da Região de Aveiro
AEC	Architecture, Engineering and Construction
AIA	American Institute of Architects
ANSI	US National Institute of Building Sciences
BIFM	British Institute of Facility Management
BIM	Building Information Modelling
BLM	Building Lifecycle Management
CAD	Computer-Aided Design
CAFM	Computer Aided Facility Management
CEN	Comité Européu de Normalização
CMMS	Cumputerized Maintenance Management System
COBie	Construction Operation Building information exchange
FEPICOP	Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas
FM	Facility Management
FMI	Facility Management Institute
GSA	U. S. General Services Admnistration
IAI	International Alliance for Interoperability
IDM	Information Delivery Manual
IFC	Industry Foundations Classes
IFD	International Foundation Dictionary
IFMA	International Facility Management Association
ISO	International Standard Organization
IWMS	Integrated Workplace Management System
LOD	Level of Development
MEP	Mechanical Electrical and Plumbing
OT	Ordens de Trabalho
PLM	Product Lifecycle Management
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIM	Sistema Integrado de Manutenção
TI	Tecnologias de Informação

Capítulo 1

Introdução

Capítulo 1. Introdução

- 1.1. Considerações gerais
- 1.2. Âmbitos e objetivos
- 1.3. Estrutura da dissertação

Capítulo 1. Introdução

1.1. Enquadramento Geral

Ao longo do século XX, assistiu-se a um investimento na construção sem precedentes levando a que presentemente exista um grande número de edificações cujo seu valor patrimonial e operacional requer uma preocupação contínua e coerente, obrigando a que se proceda a uma aposta na sua gestão, manutenção e recapacitação.

Atualmente, os projetos de construção são cada vez mais complexos e difíceis de gerir. Um dos grandes desafios é a recíproca interdependência entre os diferentes intervenientes na fase de projeto como fornecedores, arquitetos, engenheiros, advogados, empreiteiros, entre outros. A participação dos vários intervenientes assenta e depende da partilha e troca de dados complexos, pelo que a má gestão e deficiente partilha de informações tem sido uma das maiores preocupações na indústria da construção (Bryde et al. 2013).

O procedimento para entrega de projetos baseia-se, essencialmente, na elaboração de peças escritas e desenhadas, tornando todo o processo prático e mais simplista. Porém, erros e omissões inerentes a esses elementos podem levar a custos elevados, bem como a atrasos na sua entrega (Eastman et al. 2008). Os projetos de construção são geralmente executados a partir de modelos a duas dimensões (2D), com recurso a ferramentas de *Computer-Aided Design* (CAD), que apoiam a eficácia da metodologia de trabalho no setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) (Tarrafa 2012).

Na conjuntura atual, apesar de mostrar pequenos sinais de recuperação, é indiscutível que o sector da construção em Portugal vive um momento de particular importância. Segundo os dados da Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas (FEPICOP 2015), no 1º trimestre de 2015, o Investimento em Construção registou um aumento de 8,5% em termos homólogos, em resultado de um crescimento de 7,0% face ao trimestre anterior.

Note-se que, nos últimos treze anos, só por uma vez, no final de 2007, se havia registado uma variação positiva desta importante variável, que pesa, atualmente, 50,5% do Investimento Total. O VAB do setor da Construção observou um aumento homólogo de 7,6% e de 6,0% face ao trimestre anterior.

No segmento da habitação, os primeiros 3 meses de 2015 foram marcados por uma recuperação dos principais indicadores. Ao nível do licenciamento verificou-se um aumento homólogo de 15,6% das licenças para construção nova e de 14,6% no número de fogos licenciados.

No mercado das obras públicas verifica-se uma situação inversa, com uma diminuição em valor, nos primeiros quatro meses de 2015, de 41%, tanto nos concursos de empreitadas de obras promovidos, como nos contratos celebrados reportados no Observatório das Obras Públicas, face ao período homólogo.

Em maio de 2015 e de acordo com a Comissão Europeia, o indicador de confiança dos empresários portugueses do setor da Construção registou um aumento de 18,4%, em resultado de uma melhoria de 44% na opinião quanto à evolução da carteira de encomendas e de 7,0% nas perspetivas de criação de postos de trabalho.

Em termos europeus, o Indicador de Confiança da Construção observou uma melhoria de 6,3%, fruto de uma melhoria de 9,4% na opinião quanto à evolução da carteira de encomendas e de 4,2% nas perspetivas de criação de postos de trabalho (FEPICOP 2015).

É, portanto, imperativo que os diversos intervenientes do sector aproveitem o momento para refletir, debater, transmitir e partilhar as suas experiencias de forma a encontrar os meios e soluções mais adequados para tornar o sector cada vez mais competitivo (Venâncio 2015).

Historicamente associada a grandes obras, e por muitos associada a políticas ineficientes e encargos excessivos, a indústria da construção enfrenta inúmeros desafios, sendo que todos apelam à necessidade de modernização, à procura de novas soluções e metodologias. São constatações incontornáveis a necessidade de trabalhar mais colaborativamente e à distância, da digitalização dos processos e simulação avançada da realidade e da crescente busca por um ambiente construído mais inteligente, mais eficiente e sustentável (Costa 2015).

Uma das soluções encontradas para a revitalização do sector passa pela digitalização da indústria e é tentando dar resposta a esta necessidade que surge o BIM. Segundo Bryde et al. (2014), a metodologia BIM apresenta potencial para ser utilizada em todas as fases do ciclo de vida do projeto, desde a conceção à gestão de todo o ciclo de vida da edificação, constituindo uma plataforma de apoio aos intervenientes e promovendo a gestão de toda a informação associada ao projeto.

Em Portugal, existem diversas iniciativas de disseminação e apoio à implementação do BIM, destacando-se a CT 197 – Comissão Técnica de Normalização BIM, coordenada pelo Instituto Superior Técnico, que faz a ponte com o CEN/TC 442 e o EU BIM *Task Group*, e o Grupo BIM da Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção. Citando Costa (2015), é de salientar que apesar dos recentes esforços destas instituições, nota-se a falta de um apoio governamental determinado que impulse de forma clara a sua implementação, como é o caso do Governo do Reino Unido, que colocou em prática um plano estratégico designado “*Digital Built Britain*” que estabelece novas metas para integração obrigatória do BIM a partir de 2016 nos concursos de obras públicas cuja estimativa de custos seja superior a aproximadamente 5,6 milhões de Euros.

1.2. Âmbito e objetivos

Com a constante inovação das tecnologias da informação, o sector da construção tem vindo a alterar a conceção do ciclo de vida dos edifícios, procurando uma metodologia de projeto que permita a articulação das diferentes áreas intervenientes. Segundo dados da FEPICOP (2015), a construção de novos edifícios tem vindo a perder espaço no mercado atual, contrariamente ao que se verifica na manutenção e reabilitação de edificações já existentes. A gestão do património em larga escala apresenta-se, não só como o grande desafio do presente, mas também como a área que teria mais a ganhar com a introdução de um modelo de projeto interativo.

Na presente dissertação pretende-se explorar os diferentes aspetos inerentes à utilização do BIM como ferramenta de gestão de uma infraestrutura. Desta feita, através de uma parceria com a empresa Águas da Região de Aveiro, foi promovido o estudo de duas das suas infraestruturas para, desta forma, tentar perceber de que modo é que a

metodologia BIM, mais concretamente a aplicação do *Facility Management*, pode ser executada em edifícios já existentes e em funcionamento contínuo. Sabendo que o BIM representa uma base de dados de uma determinada infraestrutura e dos equipamentos que a integram, que por sinal se articula num modelo 3D isto implica uma quantidade incalculável de informação que necessita de ser dominada e organizada para alcançar um processo inteligente e eficiente. É precisamente com base neste processo de recolha e organização de informação que o *Facility Management*, ou a gestão de instalações, se baseia. Esta envolvimento permite que exista uma ação continuada na gestão da infraestrutura sem que se tenha de redirecionar esforços para a recolha de toda a informação numa fase avançada de projeto, contrariando a metodologia corrente em que a informação é geralmente reunida a jusante da fase de entrega da infraestrutura. A presente dissertação pretende então demonstrar que a aplicação de um processo de FM em articulação com o BIM apresenta inúmeras vantagens para o sector da construção e gestão de infraestruturas e dos seus ativos pois, cada vez mais, existe a preocupação por parte dos donos de obra de implementarem uma gestão eficiente e controlada dos seus ativos minimizando os custos que advêm dessas operações. Para já as empresas em cargo deste tipo de ações de manutenção apresentam um processo auxiliado por *programas* informáticos que cooperam com as entidades, criando um mecanismo de apoio e inserção de dados relativos a cada operação que seja necessária executar. É efetivamente com base neste ponto que, ao longo deste trabalho, será abordada a temática dos ficheiros COBie e de que modo este tipo de formato de transferência de dados absorve as sinergias necessárias para a utilização como elemento de interligação entre o BIM e o FM.

Estes são portanto os pontos em foco na presente dissertação que compreende por conseguinte o estudo de um protótipo e das respetivas orientações de implementação que consiga agilizar e incorporar os três conceitos referidos, BIM-COBie-FM.

Para fundamentar a presente dissertação foi realizado um planeamento detalhado dos pontos a abordar, tendo sido posteriormente delineada uma estrutura base através de capítulos e subcapítulos que será demonstrada de seguida.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação apresenta-se dividida em cinco capítulos.

O primeiro capítulo expressa o estado atual do conhecimento sobre a problemática destacando a motivação e objetivos do presente trabalho.

O segundo capítulo representa a revisão bibliográfica realizada sobre a temática do *Building Information Modelling*, apresentando os principais conceitos envolvidos e as respetivas inter-relações com a indústria do sector da construção.

O terceiro capítulo aborda o estado da arte da Gestão de edifícios, com especial foco no conceito de *Facility Management*, sendo referidos algumas noções de modo a situar o caso de estudo na temática. Posto isto, é ainda exposta a informação recolhida acerca da tecnologia COBie e de como esta pode ser importante durante o ciclo de vida do edifício.

O quarto capítulo engloba a pormenorização dos casos de estudo, os processos e as normas reguladoras que foram tidas em conta em todo o processo de modelação e a posterior criação do ficheiro COBie associado a cada instalação. Neste capítulo é ainda feita a descrição de um processo levado a cabo para agilizar os processos de gestão da informação através do uso do *software* Dynamo. Neste ponto sugere-se ainda a introdução do modelo na plataforma A360, sendo discutidas as vantagens que a utilização desta ferramenta acarreta quando usada como suporte das funções do gestor de edifícios.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões sobre o sistema de gestão, as suas vantagens, as limitações e propostas para desenvolvimentos futuros.

Capítulo 2

Building Information Modeling

Capítulo 2. BIM – Building Information Modeling

- 2.1. Considerações Gerais
- 2.2. Metodologias de Aplicação
- 2.3. Diferentes Dimensões BIM
- 2.4. Interoperabilidade
 - 2.4.1. IFC,IMD e IFD
- 2.5. Níveis de Desenvolvimento
- 2.6. Programas BIM
 - 2.6.1. Autodesk Revit

Capítulo 2. Building Information Modelling

2.1. Considerações gerais

O desenvolvimento da metodologia BIM surge na sequência da rivalidade competitiva entre os EUA e a União Soviética para a criação de um *software* de arquitetura que revolucionasse por completo o sector da construção, alterando e evoluindo o paradigma tradicional de desenho em 2D.

Uma das primeiras teorias em que se baseia o conceito BIM (Engelbart 1962), desvenda um novo método de conceber com base em objetos parametrizados, por sua vez integrados numa base de dados.

Na década de 70, Charles Eastman, desenvolve o primeiro *software* passível de ser utilizado na construção de um modelo, *Building Description System*. Este *software*, desenvolvido na Universidade de Carnegie-Mellon em 1975 e publicado no jornal *American Institute of Architects* (AIA) (Eastman et al. 2008), marca o início da modelação de edifícios suportada por uma base de dados e inclui conceitos de BIM como:

“ (...) definir elementos de forma interativa (...) derivando de secções, planos isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos (...). Qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros. Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes (...) qualquer tipo de análise quantitativa poderia ser ligada diretamente à descrição (...) estimativas de custo ou quantidades de material poderiam ser facilmente geradas (...) fornecendo uma única base de dados integrados para análises visuais e quantitativas (...) verificação de código de edificações automatizado na entidade licenciadora ou no escritório de arquitetura”.

Por outro lado, enquanto se desenvolviam *programas informáticos* como o *Building Description System*, nos Estados Unidos da América, Gábor Bojár e Leonid Raiz emergiam na União Soviética, respetivamente, como cofundador e fundador do Revit e ArchiCAD. O ArchiCAD, desenvolvido em 1982 pelo húngaro Gábor Bojár, conhecido

físico que se insurgiu contra o governo comunista, criou uma empresa privada desenvolvendo assim o *software* Radar CH, a versão inicial do ArchiCAD, marcando o início do acesso ao *software* BIM por parte de qualquer interveniente (Abanda et al. 2015).

Posteriormente, nos finais dos anos 90, Leonid Raiz concebe um *software* de modelação assente em constrangimentos paramétricos, *Pro/Engineer*, tendo mais tarde, em cooperação com Irwin Jungreis e David Conant desenvolvido uma versão de gestão de projetos de arquitetura mais complexos, a que dá o nome de Revit. Recentemente, em meados de 2002, a *Autodesk* compra o *software* Revit, gerando em 2004 metodologias de trabalho colaborativas, facilitando a incorporação das diferentes especialidades num modelo único de projeto. A Figura 1 representa, de forma aproximada e estimada, o percurso revolucionário do sector da AEC no que toca à introdução de tecnologias de informação.

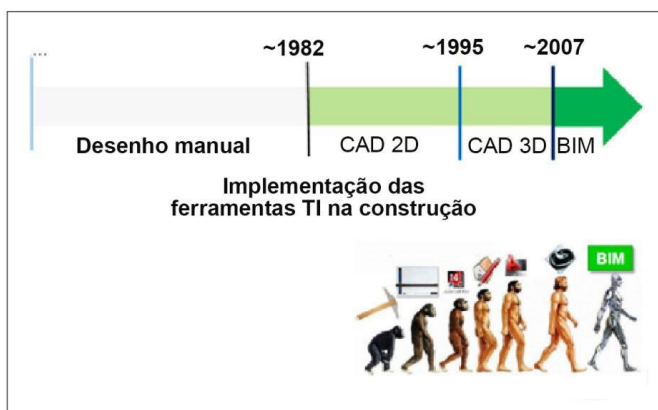


Figura 1 - Perspetiva aproximada da evolução temporal da indústria AEC (Engenheiros 2014)

Segundo (Eastman et al. 2008), o conceito BIM é fundamentalmente uma alteração profunda no processo produtivo de toda a indústria da construção, nomeadamente:

- Ao nível da conceção inicial do projeto, com a possibilidade de se desenvolverem múltiplos cenários a partir de variações paramétricas da conceção global, simulando de forma antecipada a influência de variáveis como a organização espacial, o desempenho energético, a morfologia estrutural, o custo, entre outros;

- Ao nível da interação e colaboração entre os diversos intervenientes do processo, com a possibilidade de implementação de plataformas de trabalho colaborativo quer dentro de uma dada especialidade do projeto, quer de uma forma interdisciplinar;
- Ao nível da forma como a própria construção se processa, nomeadamente no que diz respeito à preparação e fabrico de subcomponentes da construção geral;
- Ao nível da exploração e gestão da obra construída com a utilização de modelos virtuais onde são registadas todas as ocorrências relevantes ao longo do ciclo de vida do edifício ou estrutura.

Como se percebe, o BIM permite uma diversidade de âmbitos de aplicação que levantam diversos desafios: as mudanças culturais, a alteração de processos, as adaptações organizacionais, o investimento em tecnologia, a partilha de risco e de informação, a maior exigência de normalização, a interoperabilidade, entre outros. Contudo, é de salientar que a construção digital e o BIM não serão apenas uma opção mas uma solução incontornável para o mercado global que será, cada vez mais, um mercado tecnologicamente avançado e progressivamente exigente em termos de desempenho (Costa 2015). Quando comparado com outras práticas internacionais levadas a cabo por diversos países, a aplicação do BIM em Portugal encontra-se ainda numa fase de implementação prematura. No entanto, existe já um número considerável de utilizadores que estão cada vez mais confiantes de que o uso do BIM em Portugal será uma realidade nos próximos anos, não só devido às necessidades de modernização da indústria mas sobretudo à introdução de políticas governamentais. A desejada cooperação entre a indústria e o Governo permitirá a Portugal seguir, entre outros, o exemplo dos EUA com referência iniciativas na área de BIM (2003), o exemplo de Singapura, com o uso obrigatório de BIM (2015), ou o já referido projeto estratégico do governo do Reino Unido, definindo o uso obrigatório de BIM em obras públicas com valor superior a 5,5 milhões de Euros, a partir de 2016 (Falcão et al. 2016).

Neste capítulo será abordado o tema BIM, as suas características e metodologias, demonstrando, por conseguinte, as suas funcionalidades.

2.2. Metodologias de Aplicação

No domínio de atividade onde a engenharia civil se insere, a implementação de tecnologias de informação (TI) no processo produtivo, em particular a utilização de modelos de informação da construção (BIM), constitui uma verdadeira mudança de paradigma numa indústria que historicamente tem sido resistente à mudança (Lino et al. 2012).

O BIM é uma metodologia que tem como objetivo criar várias bases de dados relevantes para um determinado projeto, centralizá-las e mantê-las durante todo o seu ciclo de vida, proporcionando, ao mesmo tempo, o acesso a esses dados, a todos os intervenientes de forma fácil, expedita e rápida (Eastman et al. 2008).

Como ilustrado na Figura 2, o BIM abrange todas as fases do ciclo de vida de uma edificação. Por sua vez, as fases correspondem essencialmente a distintos intervalos de tempo presentes no ciclo de vida do projeto, podendo representar a sua evolução, desde a sua construção até ao fim da vida útil da edificação, ou reproduzir o projeto num determinado período específico de tempo. O BIM não é apenas um modelo 3D de uma instalação, detendo muito mais do que um modelo geométrico, oferecendo um conjunto de informação sobre todos os elementos do edifício, permitindo aos intervenientes do projeto proceder ao estudo de diferentes registos de opções construtivas, ainda antes do edifício entrar na fase de construção.

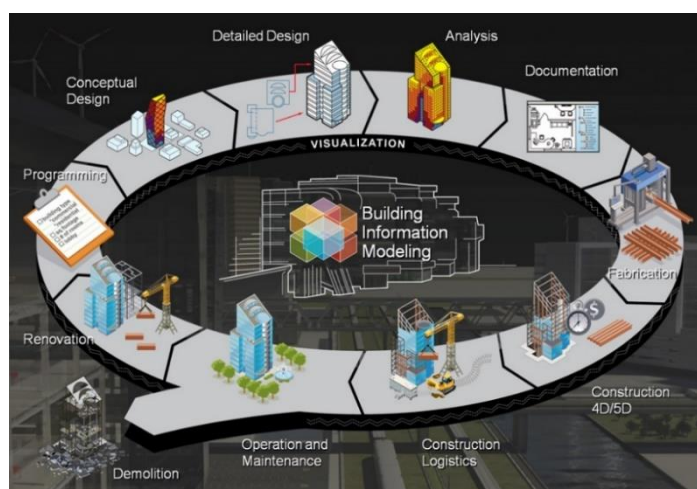


Figura 2 - *Building Information Modeling* presente em todo o ciclo de vida do edifício (Dispenza 2010)

Esta nova metodologia de trabalho tem encontrado grandes entraves à sua implementação, visto que, implica uma mudança de paradigma na forma de trabalhar e pensar, por parte dos intervenientes, que consideram a mudança inconveniente, pois altera profundamente os métodos de trabalho tradicionais.

No entanto, é importante referir as vantagens da sua aplicação. A Figura 3 descreve alguns desses benefícios através da representação da Curva de MacLeamy, na qual é possível identificar as vantagens em se detetarem eventuais erros ainda numa fase inicial de projeto, possibilitando a sua correção e, conseqüentemente, promovendo uma otimização dos custos e da eficácia do projeto.

Tal mudança resultará numa alteração significativa nas atividades de conceção, projeto, construção, exploração e gestão de edificações, introduzindo na construção conceitos de gestão integrada ao longo de todo o ciclo de vida também conhecido por *Product Lifecycle Management* (PLM) (Grieves 2006). Nos últimos anos, foram desenvolvidas, além da dimensão 3D, as dimensões 4D (planeamento), 5D (custos), 6D (sustentabilidade) e 7D (*Facility Management*), com base no conceito da aplicação do PLM para a construção. Esta solução foi designada por BLM (*Building Lifecycle Management*) ou gestão de projeto unificado (Ustinovičius et al. 2015).

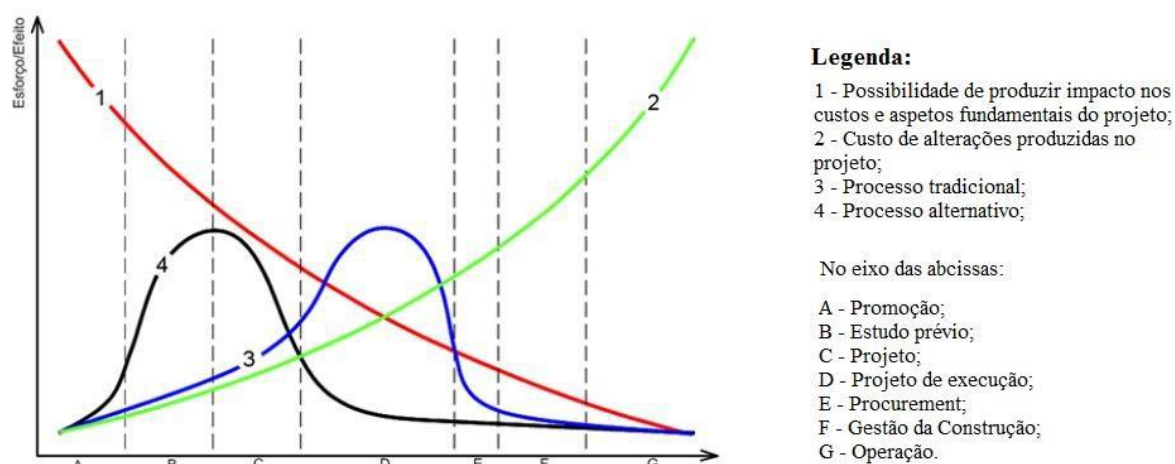


Figura 3 - Curva de MacLeamy (Soares, 2013)

2.3. Diferentes Dimensões BIM

Uma das definições amplamente citada do conceito BIM é fornecida pelo *US National Institute of Building Sciences* – “uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação...e um recurso de conhecimento compartilhado para obter informações sobre uma instalação formando uma base confiável para decisões durante o seu ciclo da vida; definida como existente desde a primeira concepção até à demolição” (ANSI 2007).

A metodologia BIM permite a construção digital de um modelo dinâmico virtual. Este modelo é suscetível de ser alterado a qualquer momento, contendo geometria precisa e dados relevantes, necessários para apoiar todas as atividades ao longo do ciclo de vida da construção (Eastman et al. 2008).

Este modelo de reunião de informação baseia-se na criação de informações inteligentes, orientadas por objetos, que fornecem uma representação digital paramétrica da edificação. Por outro lado, a criação de uma base de dados deste género permite aos intervenientes a consulta e análise da informação a qualquer instante podendo assim ser utilizada para a tomada de decisões, durante todo o ciclo de vida da edificação.

A primeira abordagem do BIM passa pelo modelo tradicional de representação 2D, correspondente aos desenhos realizados em CAD, que apresenta diversas restrições, como as limitações na visualização de possíveis alterações a realizar num determinado elemento do projeto. A segunda abordagem, correspondente à construção de um modelo 3D, permitindo adicionar informações relevantes para uma análise rigorosa por parte dos intervenientes na construção, como a possível execução de inúmeros cortes e plantas de forma automática. A principal diferença entre o BIM e o CAD 3D convencional, é que o último desenha um edifício a partir de vistas 3D independentes, tais como planos, cortes e alçados. Ao editar uma dessas vistas é indispensável que todas as restantes vistas sejam verificadas e atualizadas, tornando-se um processo suscetível de erros. Para além disso, a informação que consta nesses desenhos 3D são apenas entidades gráficas, como linhas, arcos e círculos, contrastando com a semântica contextual inteligente de modelos BIM, onde os objetos são definidos em termos de elementos e sistemas de construção, tais como

espaços, paredes, vigas e pilares. Um modelo BIM possui todas as informações relacionadas com a construção, incluindo as suas características físicas e funcionais e informações sobre o ciclo de vida do projeto, numa série de "*smart objects*" (Azhar et al. 2008).

A quarta dimensão (4D) corresponde ao processo de planeamento que relaciona as atividades de construção no tempo com modelos tridimensionais, para a criação de uma simulação gráfica em tempo real dos progressos da obra versus o tempo. Esta relação com o tempo permite verificar a evolução da construção e o planeamento do fluxo de trabalho do projeto. Os intervenientes passam a efetivamente visualizar, analisar e comunicar problemas, aspetos espaciais e temporais do progresso da construção. Como consequência, é possível a criação de planos logísticos favoráveis a uma maior produtividade (Eastman et al. 2008).

Ao integrar a quinta dimensão (5D) “custo” no modelo BIM passa a ser exequível a criação instantânea de orçamentos e simular o seu comportamento em função do tempo, oferecendo estimativas mais precisas, minimizando os erros devido a ambiguidades de dados de um qualquer modelo CAD (2D) (Eastman et al. 2008).

A incorporação de componentes de sustentabilidade no modelo BIM gera modelos 6D, que permitem aos projetistas estimar emissões de carbono para elementos específicos do projeto, testar, comparar e aprovar soluções (Eastman et al. 2008).

A sétima dimensão (7D) permite a gestão de ativos (*Facilities Management*), já que o BIM fornece uma descrição completa dos elementos da edificação. Este recurso, juntamente com geometria, relações e propriedades subjacentes, sustenta o seu uso como uma base de dados de gestão de ativos (Eastman et al. 2008). Dada a importância deste ponto na gestão do ciclo de vida de uma qualquer edificação, será desenvolvido um capítulo específico sobre esta temática.

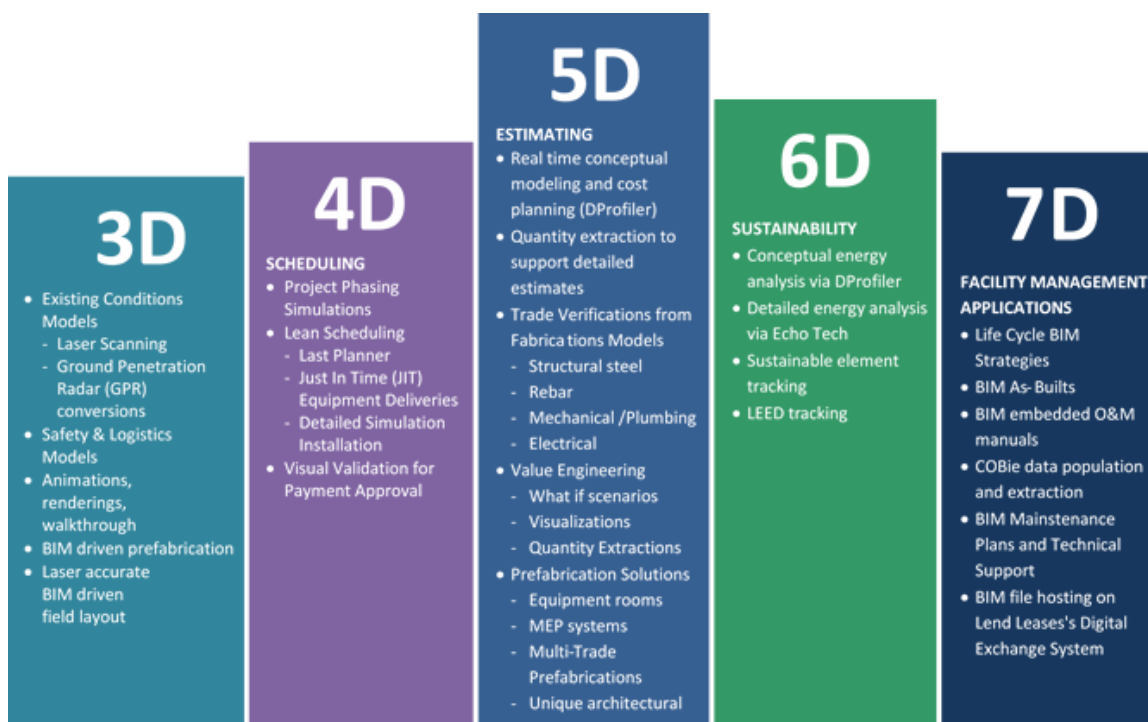


Figura 4 - Diferentes abordagens do BIM (Eastman et al, 2008)

Resumindo, o BIM possibilita que os projetistas prevejam mais facilmente o desempenho das soluções do projeto, tenham uma maior facilidade e rapidez em responder a alterações de projeto, em otimizar os projetos, proceder à simulação e visualização da edificação e entregar documentação fiável (Eastman et al. 2008).

2.4. Interoperabilidade

O BIM, como referido, está associado a uma tecnologia 3D que virtualiza o edifício ou a infraestrutura e incorpora toda a informação existente e gerada ao longo do seu ciclo de vida. No entanto, é muito mais do que isso, já que permite o desenvolvimento de uma metodologia de trabalho mais colaborativa, que implementa uma agilização de processos capazes de valorizar a informação gerada. Apesar disto, subsistem ainda importantes fatores que dificultam a aplicação da metodologia. A complexidade que existe em promover a interoperabilidade entre os programas informáticos utilizados pelos intervenientes de todo o ciclo de projeto é necessariamente uma dessas dificuldades, apesar disso, é sabido por todos que a indústria da construção é constituída por silos,

originalmente com interesses antagónicos, o que complica a tarefa de implementação de um ambiente de trabalho conjunto e eficaz.

A interoperabilidade corresponde à capacidade de trocar, gerir e comunicar entre diferentes aplicações, oferecendo a vantagem de remover a redundância, garantindo a incorporação de características sustentáveis numa fase inicial do projeto (Bahar et al. 2013).

Num ambiente de trabalho colaborativo, a interoperabilidade ganha maior pertinência, devido à indispensável comunicação entre todos os intervenientes no projeto. Por esta razão, a interoperabilidade é vista como um meio que permite a integração na execução do projeto, já que administra as relações cooperativas dos vários membros e dos respetivos domínios da construção (Soares 2013). Logo, para que se alcance um nível de maturidade ideal, no que toca à comunicação e troca de informações, é indispensável que existam mecanismos de interoperabilidade, possibilitando que os sistemas possam trabalhar em conjunto e todos os intervenientes falem uma “linguagem única”, superando as barreiras que se opõem à comunicação.

Tal como representa a Figura 5, um projeto passa certamente pelos gabinetes de projeto das respetivas especialidades, ocorrendo a possibilidade destes usarem aplicações informáticas distintas. Esta realidade provoca, conseqüentemente, uma ineficácia na relação de interoperabilidade que afetará o tempo, o custo e a qualidade do projeto final alcançado. Algumas entidades internacionais de construção estimam que uma má interoperabilidade aumenta em cerca de 15-30 % o custo do projeto (Hub 2015).

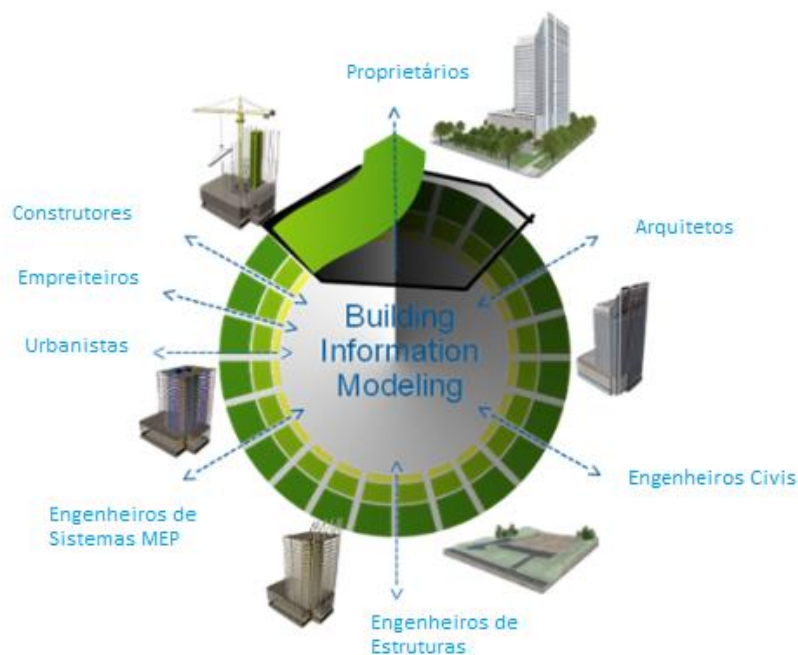


Figura 5 - Metodologia BIM num projeto de construção (Oliver 2011)

2.4.1. IFC, IMD e IFD

Para tentar resolver a problemática da interoperabilidade entre programas informáticos surgiu a *Industry Foundation Classes* (IFC) que corresponde a uma estrutura de base de dados, de formato aberto e neutro. O formato IFC tem como objetivo armazenar toda a informação das diferentes áreas para o ciclo de vida do edifício, num único modelo de informação (BIM) permitindo, posteriormente, a permuta desse mesmo modelo através dos diferentes programas utilizados na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

A autoridade a nível mundial, *buildingSMART*, desenvolveu um modelo de *standards* abertos representados na Figura 6, que representa o triângulo que relaciona os 3 componentes da tecnologia: o modelo de dados IFC (já referido), o manual de entrega de informação (IDM) e o dicionário (IFD).

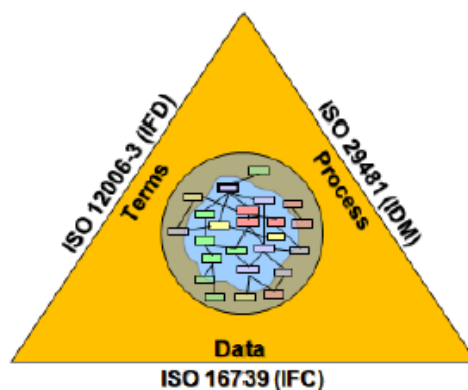


Figura 6 - Triângulo padrão buildingSMART (buildingSMART, 2013a)

O IFD – *International Foundation Dictionary* corresponde a uma estrutura internacional para dicionários, ou seja, define-se como um padrão para bibliotecas de terminologias, baseado nos padrões internacionais aceites e desenvolvidos principalmente com base na norma ISO 12006-3. Assim, uma abordagem fundamentada no modelo de interoperabilidade impõe estruturas de informação que são padronizados em toda a indústria da construção e gestão de instalações. A norma ISO 29481-1 (*Information Delivery Manual – IDM*) foi criada com o objetivo de padronizar os processos e fluxos de informação durante o ciclo de vida da instalação.

O BIM desempenha um papel essencial nesta abordagem, pois apresenta-se como um recurso de conhecimento compartilhado para obter informações sobre uma dada instalação, constituindo uma base confiável para a tomada de decisões durante o seu ciclo de vida (Bahar et al. 2013).

2.5. Níveis de Desenvolvimento

Para a adequada aplicação da metodologia BIM é necessário ter em atenção a existência de diferentes níveis de desenvolvimento de um modelo, consoante a quantidade de detalhes integrados no mesmo.

Para estruturar o processo de modelação, foi adotado o princípio proposto pela *American Institute of Architects* (AIA) que publicou o documento *AIA Document E202* onde estabelece um protocolo para os níveis de desenvolvimento esperados, os usos autorizados de um modelo BIM em cada nível de desenvolvimento e atribui a

responsabilidade pelo desenvolvimento de cada elemento do modelo a um nível de desenvolvimento definido em cada fase de projeto (Silva 2013).

LOD é regularmente interpretado como Nível de Detalhe em vez de Nível de Desenvolvimento. Contudo, existem diferenças importantes. O nível de detalhe consiste essencialmente no detalhe incluído no elemento do modelo. O Nível de Desenvolvimento é o grau de desenvolvimento da geometria do elemento e da informação anexada - o grau de fiabilidade da informação com que os membros da equipa do projeto se baseiam ao usar o modelo (BIMForum 2016). A Figura 7 representa os diferentes LOD quando aplicados a um elemento.

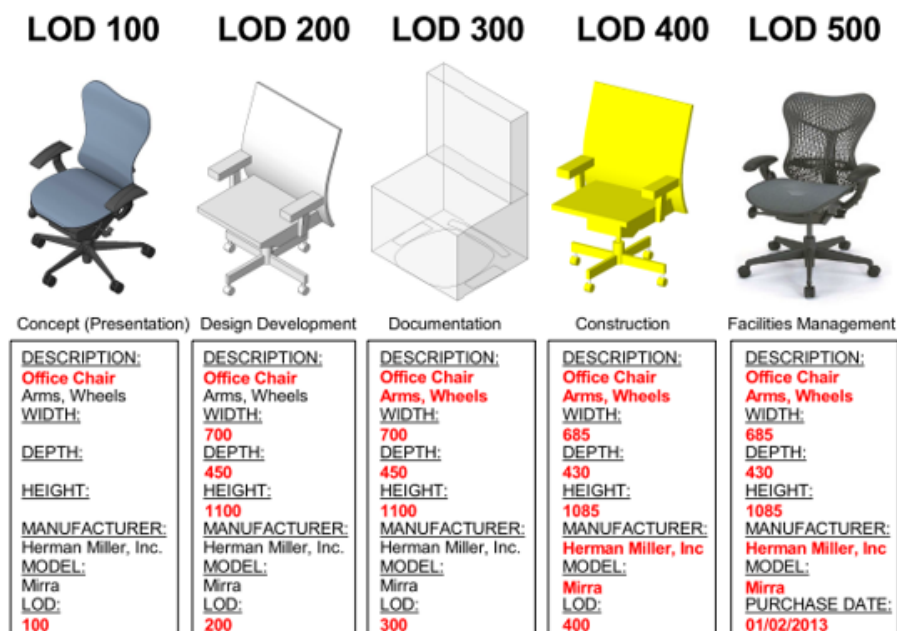
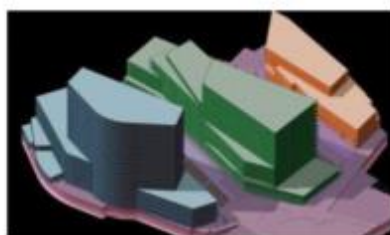
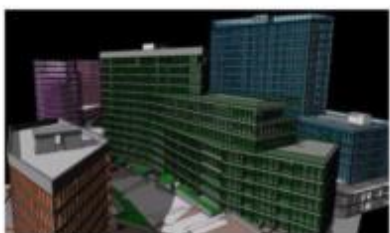


Figura 7 - LOD quando aplicado a um elemento (McPhee 2013)

Para entender melhor este conceito, bem como os diferentes níveis de desenvolvimento, explica-se na Figura 8 o nível de informação que cada LOD deve apresentar.



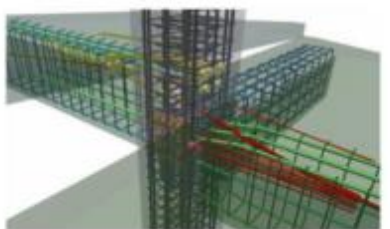
LOD 100: Estudo da volumetria espacial do projeto em geral para determinar a área, altura, volume, localização e orientação. Este nível de detalhe é utilizado para estudos de viabilidade e estimativas de custo grosseiras.



LOD 200: Definição da geometria aproximada, não podendo ser adicionada informação gráfica aos elementos do modelo. Neste nível podem ser realizadas várias análises no sentido de determinar quais as soluções construtivas que serão utilizadas.



LOD 300: Fornece mais informações sobre quantidades, tamanho, forma, localização e orientação. Neste nível, a geometria está definida com precisão. É possível adicionar informação não geométrica que pode ser usada para criar modelos analíticos.



LOD 400: Semelhante ao nível anterior, com a precisão dos elementos. Porém, neste nível, os elementos devem conter ou terem disponível detalhes e pormenores relacionados com o seu projeto, montagem e fabrico, para além de outras informações que permitam análises precisas.



LOD 500: Pode ser considerado uma representação digital *as-built* da construção. Todos os elementos e sistemas são modelados de acordo com a construção e precisos em todos os detalhes. Este nível é adequado para operações de utilização e manutenção.

Figura 8 - Níveis de desenvolvimento BIM (Silva 2013)

Para que se torne perceptível a envolvimento que o LOD apresenta no ciclo de vida do projeto foi construída a Tabela 1, que conjuga as fases de projeto de obras públicas definidas na Portaria 701-H/2008 e o conceito de nível de desenvolvimento apresentado anteriormente.

Tabela 1 - Relação entre as fases do projeto definidas na Portaria n.º 701-H/2008 e o LOD, adaptado de (Barbosa 2014)

Fases do Projeto		LOD				
1. Projeto Técnico/Interveniente		100	200	300	400	500
1.1.Projeto Preliminar	Promotor	✓				
1.2.Projeto Base	Projetista	✓				
1.3.Estudo Prévio	Projetista		✓			
1.4.Anteprojeto	Projetista		✓			
1.5.Projeto de Execução	Projetista			✓	✓	
1.6.Assistência Técnica	Projetista				✓	✓
2.Obra	Empreiteiro			✓	✓	✓
3.Exploração e Manutenção	Promotor				✓	✓

O facto de existir a possibilidade de aplicação de diferentes LOD numa determinada fase de projeto advém da flexibilidade da metodologia proposta pela AIA, pelo que fica à responsabilidade do Dono de Obra e dos gestores do edifício a escolha do LOD a implementar.

2.6. Programas BIM

Atualmente, existe um grande número de programas informáticos que entre outras potencialidades permitem converter o desenho 2D em modelos 3D, possibilitando visualizar uma estrutura em inúmeras vistas diferentes, ou mesmo ampliando um determinado objeto. Estes programas BIM desempenham um papel fundamental na análise de potenciais erros ou omissões de conflitos entre os diferentes elementos construtivos. A Figura 9 apresenta alguns programas BIM, tendo sido dado um foco especial ao *Autodesk Revit 2016*, devido ao facto de ser utilizado no caso de estudo realizado no âmbito desta dissertação.






Fabricante	Softwares
	Revit Navisworks
	Archicad MEP Modeler EcoDesigner
	Structures
	Office Constructor Estimator Control Cost Manager 5D Presenter
	Architecture Structural Modeler Building Mechanical Systems Building Electrical Systems Facilities

Figura 9 – Exemplos de programas BIM disponíveis no mercado (Antunes 2013)

2.6.1. Autodesk Revit

O Autodesk Revit é atualmente o *software* BIM mais utilizado no sector da construção, apresentando uma interface singular e completamente distinta do Autodesk AutoCAD. O Autodesk Revit apresenta três vertentes distintas desde a inicial Revit *Architecture*, para a criação da arquitetura, ao Revit MEP, de que fazem parte as ferramentas direcionadas para engenheiros de redes e instalações, e o Revit *Structures*, para engenheiros de estruturas.

O Revit baseia-se num mecanismo de modelação paramétrico que permite a conceção de modelos 3D, mantendo armazenada e organizada toda a informação implicada no projeto (mapas de quantidades, cortes, pormenores, etc).

Esta informação, associada a objetos, pode ser alterada a qualquer instante fazendo, conseqüentemente, que os objetos se transformem consoante essas modificações. A parametrização é portanto uma das muitas vantagens deste *software*, esta associação entre os objetos e as suas informações é uma grande mais-valia no estudo de diferentes soluções de projeto, melhorando efetivamente a tomada de decisões (Gil 2011).

Acrescentado a isto, as funcionalidades de conceção de projeto do Revit possibilita a criação de imagens foto-realistas do modelo, alcançando uma perspetiva real da edificação. O Revit apresenta ainda uma biblioteca de objetos/famílias e ferramentas apropriadas para representação e detalhe da construção, assim como uma interface com o utilizador simples e bem organizada que assegura a modelação completa tanto em 2D como em 3D. Uma das mais vantajosas funcionalidades é a existência de um detetor de erros e colisões entre elementos do projeto e a capacidade de extrair e calcular quantidades de materiais, área e volume de espaços, permitindo a realização de análises de desempenho, energéticas e de custos (Motzko et al. 2011).

Permite executar o modelo analítico para cálculo estrutural, cálculo de tubagens e condutas e importar ferramentas de nuvens de ponto (tecnologia a laser) diretamente no Revit. Por outro lado, permite a partilha de trabalho, onde vários utilizadores podem trabalhar simultaneamente no mesmo modelo de edifício inteligente (Autodesk 2013). Quando aplicado ao projeto de estruturas, permite o faseamento do projeto usando apenas um modelo e consequentemente apenas um processo de modelação. Isto leva a que não exista a necessidade de duplicação dos mesmos processos sempre que se pretende retratar um distinto período de tempo, situação que ocorre no CAD quando são criados novos níveis de desenho (“*layers*”) com essa mesma finalidade. Isto é possível porque a cada objeto é possível aliar uma fase de construção e uma fase de demolição. Também a diferentes partes de um só objeto é possível atribuir distintas fases, por exemplo no caso de uma parede, a sua parte estrutural pode ser definida numa fase antecedente às correspondentes ao isolamento e acabamento. Este método faculta uma abordagem simplista do projeto e da sua própria interpretação, auxiliando equitativamente o processo de construção, facilitando possíveis futuras intervenções ao projeto, tais como, demolição, reconstrução, ou adição de novos módulos à estrutura inicial. Para estas futuras intervenções é somente necessário levar a cabo a criação de novas fases modelando as devidas alterações. Qualquer alteração não é refletida nas fases anteriores, ficando assim o respetivo projeto inicial inalterado (Tarrafa 2012).

A Tabela 3 descreve os formatos suportados pelo *Autodesk Revit*, que sendo uma ferramenta muito poderosa, possui no mercado um variado leque de aplicações como referido anteriormente.

Tabela 2 - Formatos suportados pelo Revit

Importa os formatos:	Exporta os formatos:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ficheiros rvt, rfa ▪ Ficheiros CAD como dwg e dxf ▪ Formato IFC 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ficheiros rvt e rfa ▪ Ficheiros CAD como dwg e dxf ▪ Base de dados ODBC ▪ Ficheiros de imagem como jpeg ▪ Ficheiros gbXML ▪ Ficheiros FBX ▪ Formato IFC

Contudo o *software* possibilita ainda a criação de um modelo de trabalho colaborativo, envolvendo todos os intervenientes. A funcionalidade Revit “*worksharing*” apresenta-se como uma metodologia de projeto que permite aos múltiplos intervenientes a integração simultânea do seu trabalho num único modelo central de projeto, tal como demonstrado na Figura 10.

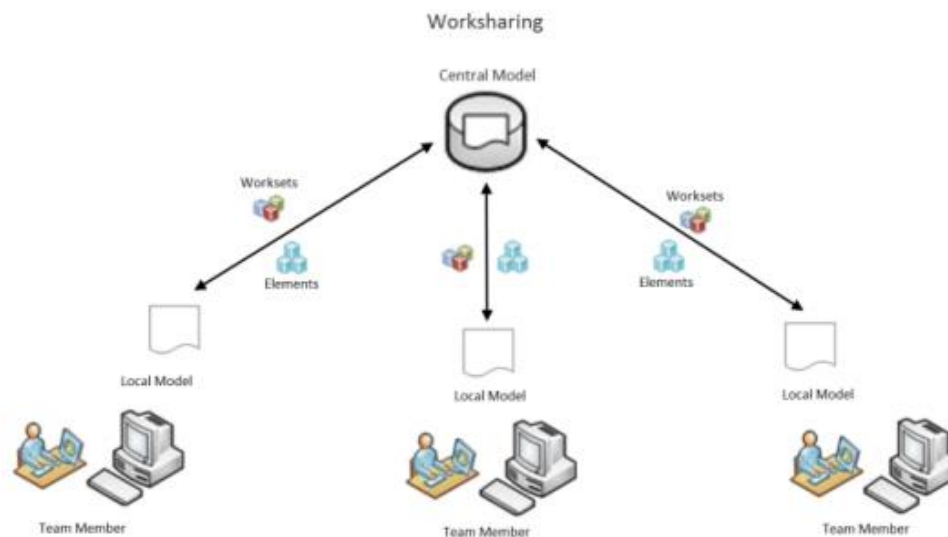


Figura 10 - Revit Worksharing (Stephens 2016)

Numa perspetiva prática, quando um modelo de “*Worksharing*” é posto em prática, um modelo central é criado a partir de um arquivo de projeto Revit existente, armazenando todas as informações, e dividindo-o em pelas equipas responsáveis por cada conjunto requerido (“*Worksets*”). Os “*Worksets*” consistem, portanto, em conjuntos de elementos

num projeto, por exemplo, nas especialidades de engenharia, estes podem agrupar áreas como AVAC, redes elétricas ou redes de águas e esgotos. O modelo central comporta-se assim como o principal ponto de distribuição para todas as alterações feitas ao modelo por todos os usuários. Como se pode verificar pela figura os utilizadores tem a obrigação de reter uma cópia do modelo central. A partir desta cópia local do modelo os “*Team Members*” podem submeter as alterações necessárias, passando posteriormente ao processo de sincronização com o modelo central para a respetiva atualização de todo o projeto. Estas alterações ficam automaticamente registadas e disponíveis para os restantes intervenientes verificarem as alterações realizada (Stephens 2016).

Capítulo 3

Facility Management

Capítulo 3. *Facility Management*

- 3.1. Gestão de Edifícios
 - 3.1.1. Gestão Económica
 - 3.1.2. Gestão Funcional
 - 3.1.3. Gestão Técnica
- 3.2. Facility Management
 - 3.2.1. Considerações Iniciais
 - 3.2.2. Modelo FM
 - 3.2.3. Integração do BIM no FM
 - 3.2.4. COBie e ciclo de vida do projeto
- 3.3. Políticas e Estratégias de Manutenção de edifícios
 - 3.3.1. Manutenção Preventiva
 - 3.3.2. Manutenção Integrada
 - 3.3.3. Sistemas de dados informáticos
- 3.4. Programas de aplicação ao FM
 - 3.4.1. IBM Maximo Asset Management

Capítulo 3. Facility Management

3.1. Gestão de Edifícios

Ao longo do presente capítulo, serão apresentados diferentes conceitos sobre gestão e manutenção de edifícios. A gestão orientada para qualquer campo de aplicação, em áreas tão diversa como escolas, empresas de todos os setores económicos e famílias, permite às organizações a criação de uma base de suporte para a tomada de decisões coerentes fazendo não só uma gestão económica, mas também de projetos, humana, bens, espaços, etc.

Sendo o objetivo primordial da gestão a maximização da rentabilização dos meios disponíveis na procura de uma solução otimizada, Lopes (2005) sugere empregar os conhecimentos de gestão na área do património edificado. Este aproveitamento de conhecimentos acarreta benefícios na otimização da sua vida útil, envolvendo a programação das intervenções necessárias (onde, quando e como atuar), associando os custos globais a cada uma das respetivas intervenções. Isto implica o aumento da probabilidade do edifício cumprir as exigências que lhe foram prescritas, mantendo simultaneamente o seu valor intrínseco durante um maior período de tempo.

O conceito de gestão de edifícios não é unanime entre os autores e investigadores, contudo, Rodrigues (2001) apresenta uma das possíveis definições, ao defini-la como sendo um conjunto de ações e procedimentos, realizados após a construção, e que é necessário afetar a um edifício de modo a otimizar o seu desempenho. Segundo este autor, à semelhança da Gestão (em geral) é possível a prática da Gestão de Edifícios segundo três atividades fundamentais, Técnica, Económica e Funcional, sendo que:

- “A atividade Técnica engloba todos os processos relacionados com o desempenho do edifício, dos seus elementos ou componentes.”
- “A atividade Económica integra todos os processos financeiros ou contabilísticos relacionados com o edifício decorrentes dos encargos com o seu funcionamento.”

- “A atividade Funcional assume todas as questões decorrentes da utilização do edifício num determinado contexto que se pode caracterizar pelos utentes, pela legislação, pelas relações com próximos, etc.”

Na atividade da Gestão de Edifícios o gestor executa a principal função, função essa que faz parte de um processo característico que não é, nem impessoal, nem automático. O gestor de edifícios assume-se como uma pessoa coletiva ou individual, já que o seu papel pode ser desempenhado por uma empresa especializada ou por uma só pessoa, com a devida formação para a realização da tarefa.

3.1.1. Gestão Económica

Baseando a definição de edifício como um bem imóvel, entende-se que no exercício da atividade económica compete ao gestor do edifício obter os fluxos económicos indispensáveis à utilização de um edifício (Calejo 2001).

Contrariando a ideia pré-concebida de que apenas na fase de aquisição de um edifício surgem investimentos financeiros relevantes, verifica-se que os maiores custos associados surgem ao longo de toda a vida útil do edifício. Segundo (Silva 2003), cerca de 80% do custo global associado a um edifício é referente à fase de manutenção e utilização e consequentemente apenas 20% corresponde à fase de construção e conceção, como ilustra o gráfico presente na Figura 11.

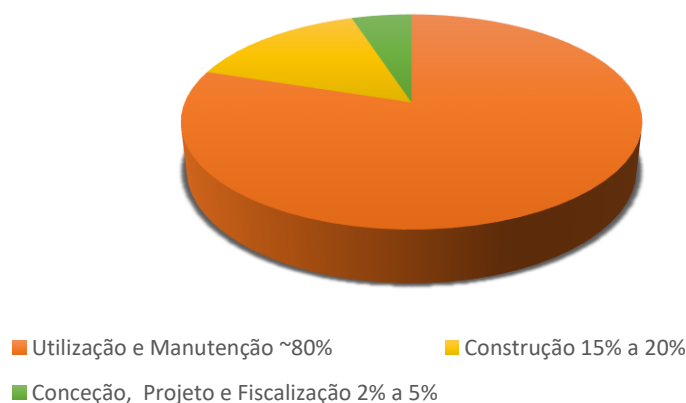


Figura 11 - Totalidade dos custos envolvidos por um edifício (Silva 2003)

Rodrigues (2001), refere que são vários os custos a sustentar ao longo da fase de utilização e exploração do edifício, tal como se indica na Figura 12.

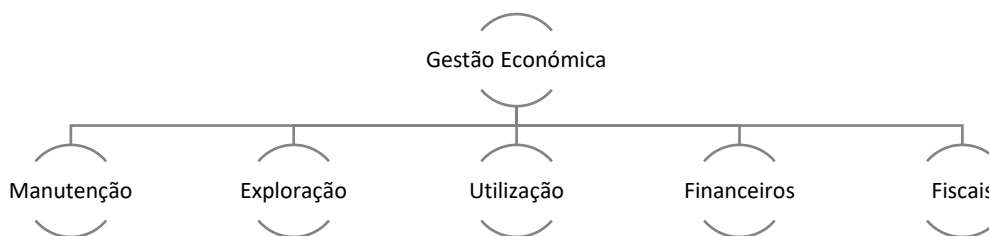


Figura 12 - Processos de Gestão Financeira (Calejo 2001)

Os custos derivados da manutenção estão diretamente relacionados com o próprio processo de manutenção, decorrendo assim de ações preventivas, com observação condicionada ou sistemática e de ações corretivas planeadas ou urgentes. Já os custos de exploração encontram-se relacionados com os encargos económicos subsequentes da prática duma determinada atividade, ou seja, são encargos que resultam exclusivamente da atividade que se desenvolve num determinado edifício. Os custos de utilização decorrem das atividades imprescindíveis para manter o edifício em serviço, tais como os custos inerentes à atividade de Higiene e Limpeza. Os custos financeiros têm geralmente repercussão ao nível de todo o processo do empreendimento desde a fase de planeamento à de utilização, como por exemplo a utilização duma instalação industrial em regime de locação ou adquirida com financiamento. Por fim, os custos fiscais resultantes da implantação do edifício imputam responsabilidades que devem ser satisfeitas devido ao registo ou à transação, quer a propósito da utilização (IMI – Imposto Municipal sobre Imóveis) (Calejo 2008).

3.1.2. Gestão Funcional

A atividade funcional de um gestor de edifícios prende-se com a garantia de apoio ao desenvolvimento duma qualquer utilização desse edifício, com destaque para os deveres e obrigações do utente. Prevê-se que o gestor do edifício tenha que, fundamentalmente, estar atento ao desempenho funcional do mesmo, assim como ao modo como os utentes o aceitam e a ele se adaptam, subscrevendo a afirmação de que a chave de uma boa produção está efetivamente no desempenho das instalações (Calejo 2008). Assim, a

Gestão funcional pode ser dividida em diferentes processos, como representado na Figura 13, estando estes processos ligados ao género de edifício em causa (habitação, serviços ou industriais).

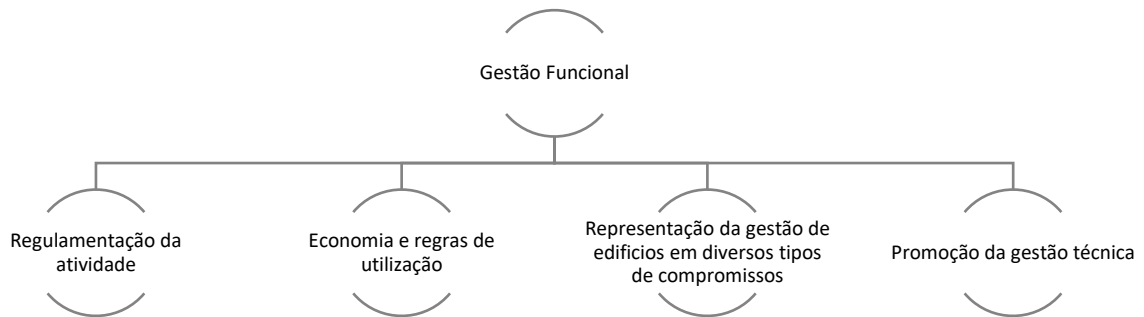


Figura 13 - Processos de Gestão Funcional (Calejo 2001)

3.1.3. Gestão Técnica

A atividade Técnica é, possivelmente, a que mais se enquadra na Engenharia Civil, garantindo todo o tipo de ações com vista a garantir o desempenho adequado de soluções construtivas do edifício durante todo o seu ciclo de vida. De forma resumida, pode-se definir a gestão técnica de edifícios como correspondendo à globalidade dos procedimentos implícitos no que correntemente se assume por manutenção (Calejo 2008).

Rodrigues (2001) agrupa os processos de gestão técnica de um edifício de forma a alcançar uma maximização dos objetivos, desempenho e valor como se pode observar na Figura 14.

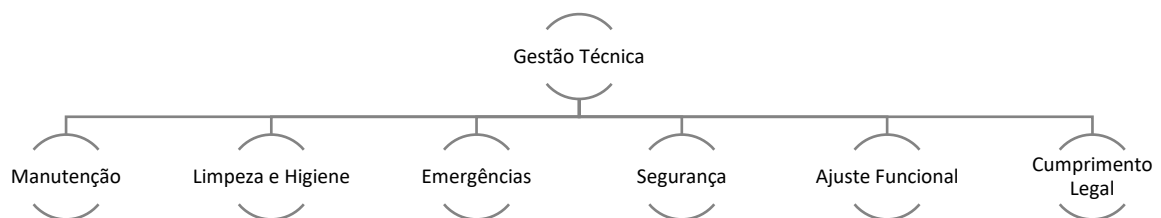


Figura 14 - Processos de Gestão Técnica (Calejo 2001)

Recentemente, tem vindo a emergir uma nova área de conhecimento com grande aplicação neste tipo de atividade, essa área multidisciplinar designa-se por *Facility Management* (FM), e é unanimemente considerado como o principal processo da gestão

técnica. Este processo será detalhado em subcapítulo próprio devido à sua importância para a presente dissertação.

3.2. Facility Management

3.2.1. Considerações Iniciais

O termo “*Facility Management*” surge nos Estados Unidos no final dos anos 60, com o objetivo de descrever a crescente prática de *outsourcing*, seguida pelos bancos, relativamente à transferência de responsabilidade pelo processamento de transações de cartões de crédito para fornecedores especializados (Mohammed 2014). Mais tarde, nos anos 70, dois acontecimentos importantes tiveram especial relevância no impulsionamento deste conceito: a introdução de computadores nos espaços de trabalho e a troca das paredes divisórias por sistemas mais elaborados. Este incremento do número de pessoas e equipamentos no local de trabalho conduziu à inevitabilidade de identificar soluções mais complexas que, por conseguinte, conduziu à necessidade de uma adaptação e à evolução consequente dos métodos de trabalho (Soares 2013).

O *Facility Management Institute* (FMI), criado nos finais dos anos 70, ajudou a estabelecer uma nova profissão de FM, dando também origem à *International Facility Management Association* (IFMA), a maior e mais reconhecida associação internacional de profissionais de FM. Com o decorrer dos anos, outras organizações foram surgindo em diversos países como é o caso do Reino Unido, onde, em 1993, foi fundado o *British Institute of Facility Management*, BIFM. Segundo o sítio oficial do BIFM, o FM é uma das profissões com maior crescimento no Reino Unido, sendo os seus profissionais responsáveis por muitos dos edifícios e serviços que suportam empresas e outro tipo de organizações, adotando formalmente a definição de FM fornecida pelo CEN, o Comité Europeu de Normalização e ratificado pelo BSI *British Standards*:

"Facility Management é a integração de processos dentro de uma organização para manter e desenvolver os serviços acordados, que suportam e melhoram a eficácia das suas atividades primárias".

Atualmente, o setor FM é grande e complexo, compreendendo uma mistura de departamentos internos, empresas especializadas, empresas multisserviços e consórcios que entregam toda a gama de projeto, construção, finanças e gestão (BIFM 2016).

Em Portugal, o FM é uma área técnica de investigação bastante recente em particular aplicada às construções, começando agora a existir uma aposta mais acentuada quer na investigação, quer na formação. Esta situação iniciou o seu processo de desenvolvimento com o aparecimento da Associação Portuguesa de *Facility Management* (APFM), que desenvolve já alguns encontros e cursos de formação.

3.2.2. Modelo FM

Ristimäki (2015) define o conceito de *Facility Management* (FM) como “a função geral da coordenação das necessidades das pessoas, equipamentos e atividades operacionais no local de trabalho físico”. Além disso, o planeamento de instalações (como uma parte do FM) é o “processo de desenvolvimento de informações gerais e precisas sobre ativos imobiliários com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão, desenvolvimento de políticas e procedimentos para operações nas instalações, planeamento de construção, orçamentação e engenharia de valor, para além da possibilidade da realização de outras atividades para fornecer uma gestão eficiente de ativos”.

O conceito de FM tem vindo ao longo dos anos a sofrer alterações, não havendo contudo atualmente uma concordância plena no que respeita à sua definição comum às várias instituições que lidam com esta questão (Eriksson 2014).

Basicamente, o *Facility Management* abrange as atividades multidisciplinares dentro do espaço construído e da gestão do seu impacto sobre as pessoas e o local de trabalho.

Segundo o BIFM (2016), processos de FM eficazes, combinando recursos e atividades, são vitais para o sucesso de qualquer organização. Ao nível corporativo, contribui para a consecução dos objetivos estratégicos e operacionais. Numa perspetiva diária, uma correta aplicação do FM, proporciona um ambiente de trabalho seguro e eficiente, o que é essencial para o desempenho de qualquer negócio seja qual for o seu tamanho e objetivo. Numa realidade perfeita, as organizações bem-sucedidas do futuro,

terão o FM como parte integrante do seu plano estratégico, contrariamente, as organizações que abordam o FM como uma "sobrecarga", vão ficar com uma desvantagem estratégica significativa, já que uma excelente gestão de instalações pode, entre outras coisas:

- Permitir uma gestão eficaz dos ativos de uma organização;
- Melhorar as competências das pessoas dentro do setor de FM e fornecer opções de carreira identificáveis e significativos;
- Permitir novos estilos de trabalho e processos - vitais nesta era impulsionada pela tecnologia;
- Melhorar e proteger a identidade da imagem de uma organização;
- Ajudar os processos de integração associados com a mudança, após a fusão ou aquisição;
- Possibilitar a continuidade dos negócios e proteção da força de trabalho.

É consensual que a fase do *Facility Management* (FM) é a última, e de longe, a mais longa fase do ciclo de vida de um edifício. O desenvolvimento desencadeado nas últimas décadas, juntamente com a alteração do modelo de negócios, o avanço tecnológico e mudança nas preferências entre os empregados e clientes, levou a que a prática enfrente desafios de várias naturezas. Um dos maiores problemas verificados é o tratamento da informação relativa ao edifício. Esta questão tem muitas vezes início na conclusão do projeto e entrega de documentação de construção, e é geralmente exacerbada, posteriormente, na fase de gestão de instalações, devido às deficientes rotinas existentes. O problema da gestão de informação faz com que se retire muito tempo ao importante trabalho preventivo, o que resulta em desperdício de recursos, numa reduzida produtividade dos funcionários e deficientes serviços prestados aos clientes (Eriksson 2014). Por conseguinte, existem no FM múltiplas questões e interfaces a considerar e gerir onde o BIM pode acrescentar valor, melhorando os processos e o desempenho da prestação de serviços FM, criando, conseqüentemente, valor para o proprietário (Ristimäki 2014).

3.2.3. Integração do BIM no FM

Durante várias décadas, a problemática de como tornar o ciclo de vida dos edifícios eficiente era vista como um dos colossais reptos da indústria da construção. O debate tornou-se mais ativo com a chegada dos processos BIM à construção, uma vez que a informação produzida nos modelos iniciais poderia ser utilizada durante o ciclo de vida das edificações, podendo assim representar um aumento da eficiência do *Facility Management*. Como referido no Capítulo 2, a metodologia BIM em conjunto com as suas ferramentas e aplicações apresentam potencial para serem utilizadas durante todo o ciclo de vida de um edifício. Acontece que esta metodologia tem vindo somente a ser utilizada, particularmente, durante as fases de projeto e construção do edifício. A sua aplicabilidade, e o valor que pode acrescentar com vista à manutenção de edificações foi ainda pouco discutida, devido à falta de interesse em verificar os benefícios que isso pode significar, tanto para os investidores como para os operadores, já que isso acarreta uma mudança de paradigma e implementação de novas mentalidades. Enquanto a utilização do BIM nas fases de projeto e construção está progressivamente a crescer, existem poucos exemplos convincentes que apresentem benefícios nas fases do ciclo de vida correspondentes à exploração e manutenção (Ristimäki 2014).

Ristimäki (2015) fundamenta este facto, sugerindo que esta carência de casos de estudo existentes deve-se ao facto da evolução das ferramentas BIM para a fase de exploração e manutenção, ser relativamente mais lenta, quando comparada com o desenvolvimento de ferramentas para o projeto e construção, que resulta, basicamente, das exigências dos mercados e dos investidores.

De acordo com o *Computer Integrated Construction Research Program* (2013), Eriksson (2014) refere: "*Begin with the end in mind*", transmitindo a ideia como um pré-requisito para um uso do BIM conveniente e, portanto, destaca a necessidade de os proprietários compreenderem e comunicarem os seus objetivos para a implementação do BIM em todo o ciclo de vida do edifício.

Segundo Eastman et al. (2008), o BIM oferece aos proprietários a possibilidade de simplificar a entrega de informações do edifício, levando a um processo de entrega mais eficiente e confiável que reduz tempo e custos durante todo o ciclo de vida. Assim

surge a questão de como poderá o BIM ser aproveitado, de forma a gerar valor para os intervenientes durante a fase de exploração e manutenção do edificado e, consequentemente, na melhoria da gestão do seu ciclo de vida.

Como referido no subcapítulo 3.1.1., estima-se que durante a vida útil de um edifício, os seus custos de operação e manutenção podem superar em 80% o custo total e, somente 20% são gastos na sua conceção e construção. De forma a contornar este problema, o uso do BIM no FM permite aos gestores de edificações e instalações ter à sua disposição uma ferramenta que lhes possibilite administrar com eficiência todas as ações de manutenção e reparação, bem como os respetivos custos.

No entanto, para que haja uma base de suporte para uma aplicação coerente deste binómio, GSA (2012) refere que para a implementação do BIM no FM, é necessário:

- Definir as informações necessárias e o modo como são utilizadas;
- Determinar em que fase do ciclo de vida da instalação se está a iniciar a implementação;
- Determinar em que fase do ciclo de vida da instalação a informação é criada e por quem;
- Avaliar qual a abordagem de entrega de projeto (tradicional, a ponte entre projetar e construir, ou outra alternativa para a sua entrega) poderá afetar a responsabilidade contratual para a entrega de informações;
- Desenvolvimento de cláusulas contratuais adequadas para exigir as prestações de informação.

A Figura 15 expressa a visão ideal da ligação do BIM com FM, onde se pode verificar que o edifício é construído com um objetivo concreto e onde tudo é organizado e planeado desde o começo da sua conceção.

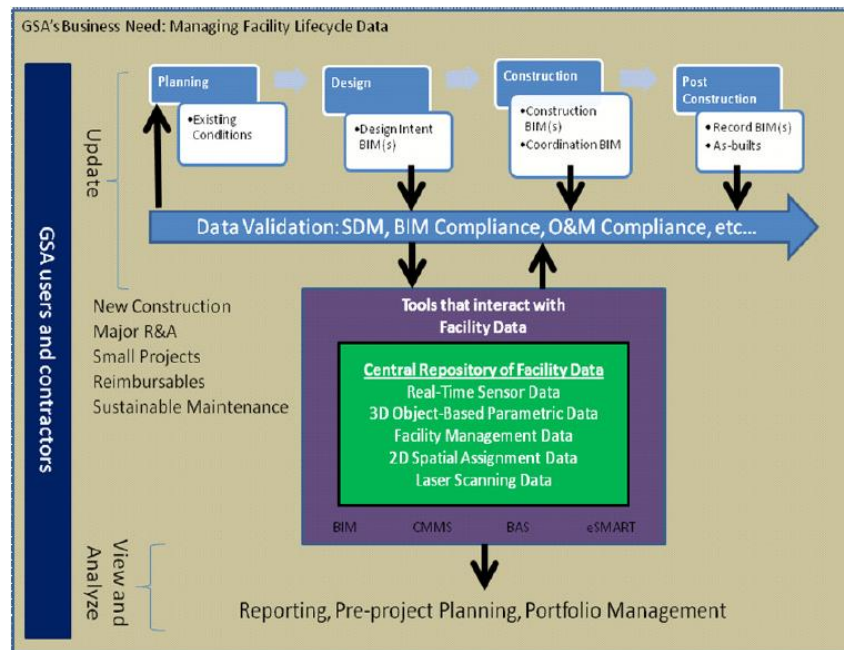


Figura 15 - Visão do BIM para a integração do *Facility Management* (GSA 2011)

Como se prevê, com a aplicação deste esquema de projeto advém uma quantidade de informação e detalhes infindáveis, mais ainda quando se trata de projetos complexos. É imperativamente necessário organizar e manter acessíveis as informações resultantes das diversas fases, devido aos inúmeros benefícios que pode trazer para os operadores/gestores da instalação (Lavy & Jawadekar 2014).

O processo de FM associado ao sector de construção obriga os *Facility Managers* a adquirir, integrar, editar e atualizar grandes quantidades de informação relacionada com diversos elementos de construção, tais como os custos operacionais, garantias e especificações de variedades de sistemas. Com recurso ao BIM é possível incorporar todos esses dados, proporcionando um armazenamento conveniente da informação. O processo de integração do BIM-FM compreende essencialmente três etapas, ilustradas na Figura 16.

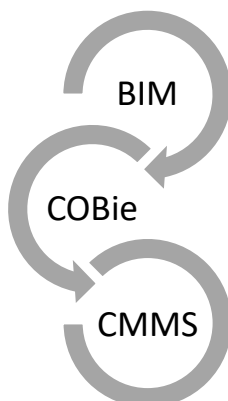


Figura 16 - Processo de Integração do BIM-FM (Lavy & Jawadekar 2014)

A primeira fase consiste no desenvolvimento do modelo tridimensional da instalação, recorrendo a um programa informático de modelação, onde são definidas as características de todos os elementos e equipamentos dessa instalação. Após a parametrização dos equipamentos que integram a instalação, os dados inseridos são exportados criando assim uma base de dados em formato de folha de cálculo (“*spreadsheet*”). Nesta fase, é necessário ter em conta se o programa utilizado na modelação permite gerar os COBie, acrónimo utilizado para *Construction Operations Building information exchange*, onde toda a informação é armazenada. Estes ficheiros serão detalhados posteriormente em subcapítulo próprio, no entanto, é importante referir que o COBie é um subconjunto do formato IFC o que, por conseguinte, acaba por se definir como uma forma de representar a informação BIM.

Depois de processada a informação nestas folhas de cálculo, é fundamental a integração destes dados num programa informático que possua a capacidade de importar estes ficheiros para que, com base nestes, promover uma gestão inteligente da manutenção da instalação. Esta etapa é executada através do *Computerized Maintenance Management System (CMMS)*, que permite aos responsáveis pela manutenção, a gestão de toda a rede da instalação de forma prática e sem terem que recorrer a nada mais para conseguirem fazer a correta gestão dos seus ativos (Pina 2015). A Figura 17 demonstra as diferentes abordagens possíveis de empregar para as diferentes fases do ciclo de vida.

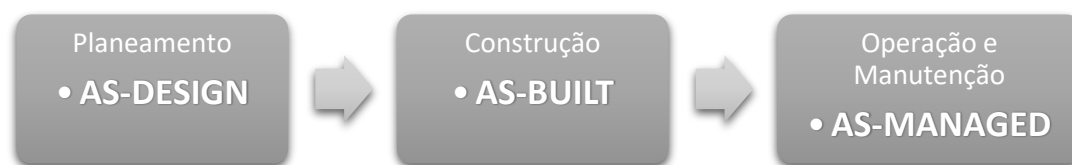


Figura 17 - Ciclo de Vida BIM (Cerovšek 2013)

Como é perceptível, este processo envolve a criação de uma vasta quantidade de dados durante a fase de construção da instalação, sendo que a correta manutenção desses dados permite obter maior eficácia na gestão através das informações “*as-built*”, na redução de custos e tempo, no aumento da satisfação do cliente e na otimização da operação e manutenção dos sistemas e da própria edificação (Jordani 2010).

Todavia, e face ao número elevado de construções existentes, muitas das instalações já se encontram construídas e em funcionamento, sendo essencial nestes casos optar por uma abordagem diferente designada “*as-managed*”. (Cerovšek 2013), estabelece que a abordagem utilizada na fase de operação e manutenção obriga a que se processe a atualização do modelo com as respetivas alterações realizadas durante a sua vida de serviço, até ao momento da implementação do sistema de gestão da manutenção.

Uma das particularidades observáveis em construções existentes nesta fase está relacionada com o facto de, mesmo na fase de projeto e construção, não terem sido compilados com grande rigor todos os dados finais, sendo bastante provável que durante uma ação de reabilitação também não sejam guardados os elementos relativos a essa ação, trazendo dificuldades ao processo de modelação da edificação existente (Soares 2013).

3.2.4. COBie e o ciclo de vida do projeto

O processo tradicional de projeto e execução de obra tem associado uma enorme quantidade de informação, que no final é reunida e entregue ao proprietário. Na realidade, o que o proprietário recebe é uma quantidade imensurável de dados sobre o edifício, muitas vezes desorganizados, que dificultam qualquer tipo de utilização futura. É com base nesta efetiva falta de critério e organização na manipulação da informação existente, desde o projeto inicial até à entrega da obra, abrangendo todos os participantes, que surge o COBie (East 2014).

Construction Operations Building Information Exchange (COBie), consiste num formato padrão internacional, criado para manipular informações sobre os ativos das instalações, e, fundamentalmente, para garantir que proprietário recebe a informação sobre a instalação em causa da forma mais completa e proveitosa possível. Os ficheiros COBie baseiam-se em folhas de cálculo, apresentando-se como uma ferramenta de fácil utilização, que permite aos diversos intervenientes, com diferentes capacidades tecnológicas, comunicarem entre si, sendo por isso um formato livre com a capacidade de armazenar uma grande quantidade de dados (“*Big Data*”) (BIWG, 2011).

É importante referir que os COBie não são “*spreadsheets*”, o COBie é uma tecnologia orientada para a troca de informações durante o ciclo de vida do projeto. A ideia por trás do COBie é que as informações-chave são todas traduzidas para um formato e compartilhadas entre a equipa de construção. O uso de folhas de cálculo é apenas um dos exemplos de como exibir a informação, existindo diversos outros modos de o fazer. O ideal é utilizar o COBie no programa informático usado diariamente, e esse é o verdadeiro objetivo do COBie, especificar o formato e integra-lo no programa.

A Figura 18 ilustra um exemplo de um modelo de gestão do ciclo de vida de uma instalação, e o surgimento do “*Big Data*” (grande quantidade de dados) pela integração dos vários domínios de conhecimento e dos respetivos programas informáticos de apoio que serão descritos no subcapítulo 3.3.3.

A utilização dos ficheiros COBie baseia-se na introdução de dados logo após a sua criação, seja na fase de projeto, construção, operação ou vistoria. Esta abordagem pode ser considerada apenas como uma tarefa suplementar, principalmente para os intervenientes menos familiarizados com o COBie, no entanto, a utilização do COBie não acrescentará novos requisitos para o contrato, nem representará uma alteração do conteúdo expectável, pelo contrário, apenas irá alterar a forma como se procedem as entregas de informação, transformando a informação tradicionalmente fornecida através de documentos em papel em informação digital facilmente reutilizada (Soares 2013).

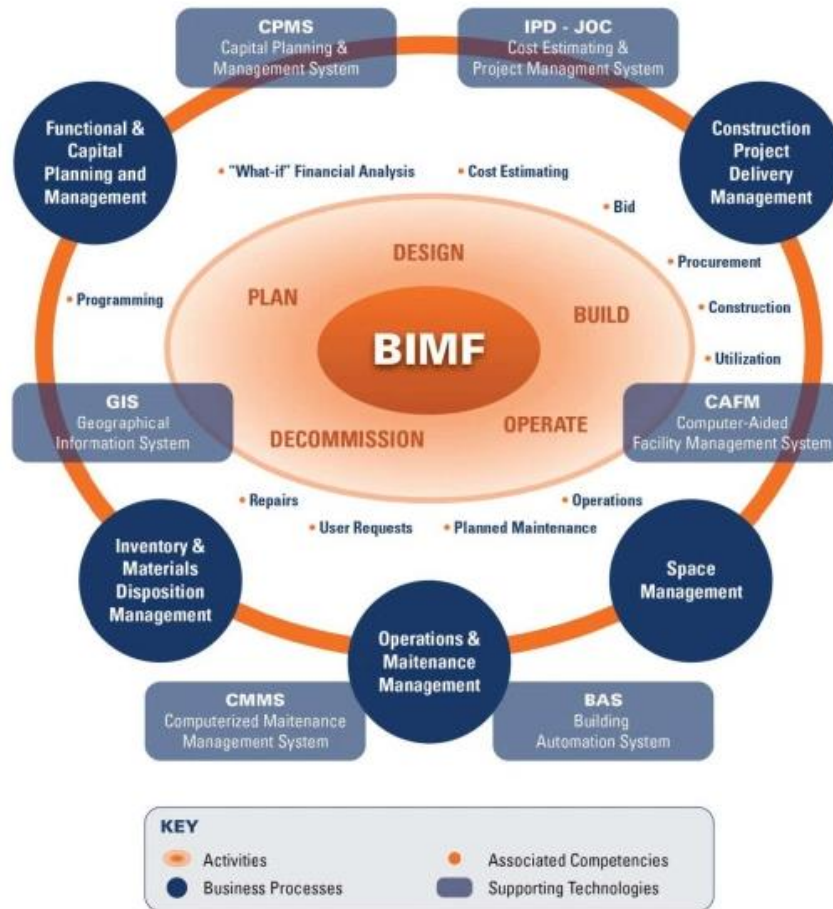


Figura 18 – Modelo de Gestão do ciclo de vida da instalação (Contracting 2012)

Feita a referência ao “*Big Data*” é necessário tentar perceber de onde vem toda esta informação. A Figura 19 representa muito esquemática e simplesmente 3 das fases diferentes de um projeto “*Design*”, “*Build*” e “*Operate*”, em que os projetistas providenciam informação acerca dos *Rooms* e *Spaces*, dos *Systems* e respetivas funções, identificam o equipamento e como é que este suporta os sistemas para fornecer os serviços necessários para os espaços que tenham de ser construídos. Sumariamente, o COBie define um processo onde os projetistas começam a fornecer a informação que têm disponível, de seguida consequentemente, as empresas envolvidas no processo de construção reforçam a informação, que é depois entregue aos Operadores do edifício sem que se tenha de reescrever nenhuma da informação anterior. Apresentando-se assim como um processo contínuo, para o qual contribuem todos os intervenientes do projeto.

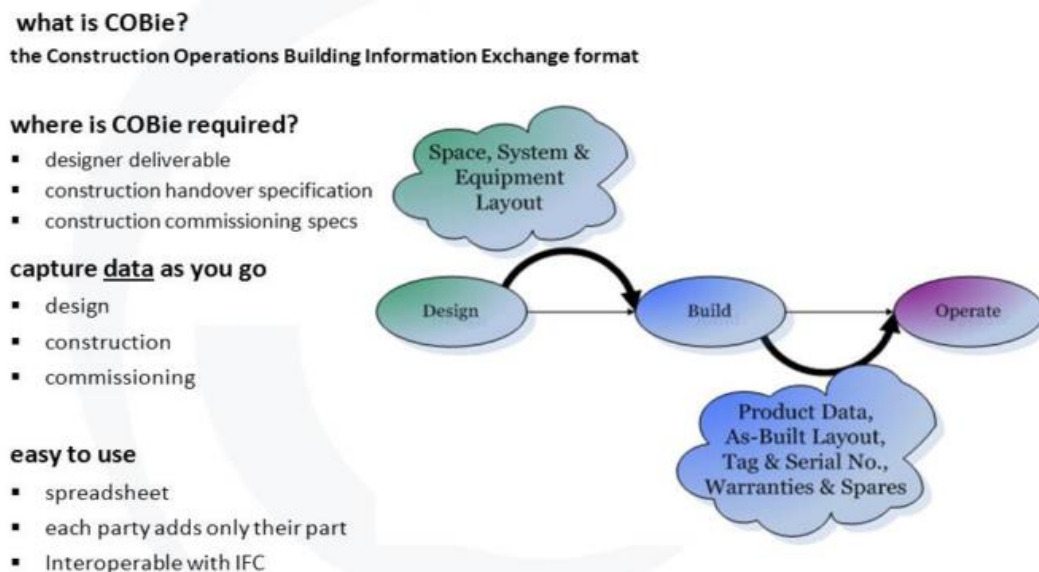


Figura 19 - Processo de Gestão de ficheiros COBie (BIWG, 2011)

Desta forma, acresce a importância do aspeto da interoperabilidade entre os programas informáticos utilizados pelos intervenientes ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. Em resposta a esta questão, e dado ser um formato aberto, quem utilizar este tipo de ficheiros, pode optar pela utilização das folhas de cálculo ou gravar a sua informação através do formato IFC, que permitirá ao utilizador final importar a informação COBie para o programa utilizado na manutenção e operação do edifício em qualquer um dos formatos (Soares 2013).

Para compreender o funcionamento dos ficheiros COBie durante o projeto de construção, East (2014), considera a existência de cinco fases de aplicação, sendo elas:

- Early Design Stage;
- Construction Documents Design;
- Contractor Quality Control Stage;
- Product Instalation Stage;
- System Commissioning Stage.

Todas a fases citadas têm em comum a partilha de informação, que vai sendo gerada à medida que se avança nas várias fases do projeto, sendo consequentemente introduzida

no sistema. A última fase apresenta-se como a mais significativa para o processo do FM, contudo será realizada de seguida, uma breve análise de cada uma das fases mencionadas.

Early Design Stage

Esta fase corresponde à fase inicial do projeto, Figura 20, onde é necessário realizar uma listagem dos espaços e das suas respetivas funções. Para permitir que os espaços cumpram com a função que lhe havia sido atribuída é necessário que em todos os projetos lhes sejam associados os respetivos sistemas, sendo que cada ficheiro COBie deverá conter pelo menos um sistema. Para o tipo de edifícios correntes estes sistemas incluem eletricidade, aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), águas residuais, entre outros (East 2014).



Figura 20 - Informação correspondente à fase de projeto (East 2014)

Na secção comum a todas as fases (*Common*), são guardadas as propriedades relativas a cada ativo, sendo estas listadas como atributos (*Attributes*). Com esta estrutura de dados, o COBie permite a transferência de informação desde os projetistas, para os construtores até aos gestores, que são os responsáveis finais neste ciclo (East 2014).

Construction Documents Design Stage

À medida que o projeto avança começam a ser definidos os materiais, os produtos e os equipamentos necessários para cumprir as especificações do proprietário. São geradas

tabelas com estes elementos que posteriormente são usadas na realização de mapas de quantidades, na gestão dos ativos, nos manuais de manutenção, entre outros (East 2014).

Os produtos e equipamentos estão indicados na Figura 21 como “*Component*”. É possível ver a sua ligação com as restantes subdivisões em que irá ser guardada a informação relativa a esse ativo. A ligação à subdivisão “*Space*”, referida anteriormente, irá guardar a informação relativa à sua localização. Também é possível observar a sua organização, quer por sistemas (*Systems*), que, como dito anteriormente, vão definir a que sistema específico pertence, quer por que tipo de componente se trata (*Type*). Atualmente um conjunto opcional de dados são as conexões entre os equipamentos. Isto permite que o projetista defina que equipamentos vão estar logicamente ligados, o que após a construção permite saber em caso de falha de um equipamento, que outros equipamentos irão ser afetados (East 2014).

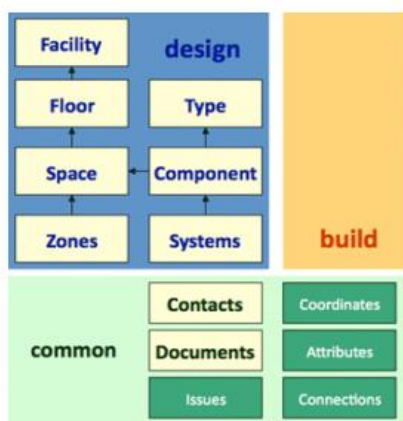


Figura 21 - Informação correspondente à fase de construção (East 2014)

Contractor Quality Control Stage

Com o avançar do projeto, o coordenador do projeto tende a requerer documentos específicos que o empreiteiro terá de fornecer. A troca de informação do COBie permite que cópias digitais desses documentos sejam ligadas diretamente aos materiais, produtos, equipamentos e sistemas do edifício. A maioria destes documentos serão ficheiros “*pdf*” já produzidos pelos próprios fabricantes, no entanto, podem ser pedidos os projetos em formato CAD/BIM ou até mesmo fotografias quando forem exigidas amostras físicas. Estes ficheiros devem ser guardados num único disco COBie, pois no ficheiro COBie vai

estar especificado a origem destes ficheiros, logo mudando o ficheiro de lugar provocará a perda da informação (East 2014).

É precisamente durante esta fase que se faculta ao empreiteiro a possibilidade de decidir como implementar o COBie. A primeira hipótese não apresenta uma alteração significativa ao método tradicional de entrega de informação, esta é criada durante a fase de construção e depois digitalizada para ser integrada nos dados COBie. Apesar de este método cumprir a exigência dos dados COBie, não envolve grande esforço no melhoramento do processo da entrega de informação. Por outro lado, se o empreiteiro proceder à entrega de documentos eletrónicos, não haverá praticamente custos no fim do processo, desde que estes documentos sejam entregues num *software* de registo de documentos (East 2014).

System Instalation Stage

Como é possível verificar na Figura 22, toda a informação gerada nesta fase é referente aos equipamentos instalados, para os quais são criados inúmeros tipos de documentos que descrevem as operações dos equipamentos, como por exemplo Manuais de Instruções, Testes e Certificações, sendo gravados, no conjunto de dados “*Documents*” do COBie (East 2014).

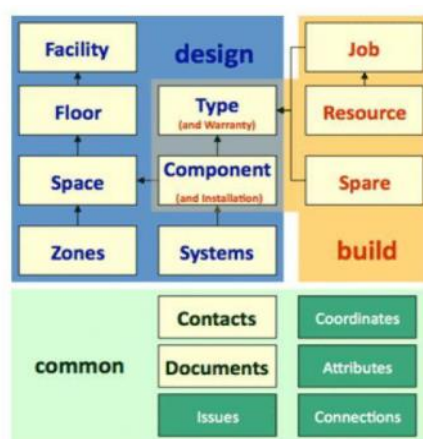


Figura 22 - Informação relativa à fase de vistorias e testes do sistema (East 2014)

A fase final de testes e vistorias de uma instalação auxilia a verificação da existência de anomalias dos sistemas instalados, ao mesmo tempo que autoriza o seu respetivo arranque

(início de funcionamento). É nesta fase que se desenvolvem os planos necessários ao suporte da operação a longo prazo, que podem ser de manutenção preventiva, de segurança, de solução de problemas, procedimentos de arranque, procedimentos de encerramento e de emergência. Os documentos/planos que contêm este tipo de informação são fornecidos através do conjunto de dados “*Job*” do COBie. Este tipo de planos normalmente envolvem recursos específicos para a realização dessas tarefas, como materiais ou ferramentas ou até mesmo treino antes de efetuar as tarefas. A informação referente a este tipo de recursos é armazenada no conjunto de dados “*Resource*” do COBie. Como é possível observar na Figura, esta fase inclui ainda uma base de dados denominada “*Spare*”, onde é colocada a informação relacionada com as peças de reposição, que deve ser entregue através de documentos ou registo de peças de reposição individuais (East, 2014).

Este tipo de escalonamento de informação representa o que é necessário na maioria dos projetos. No entanto, é possível aplicar os ficheiros COBie a outro tipo de obras, tais como projetos rodoviários ou ferrovias, ou até mesmo suportar os requisitos específicos do proprietário. Para isso é necessário adaptar a estrutura do COBie para esse tipo de obra, simplesmente pela adição de colunas na folha de cálculo (East, 2014).

Sendo a vertente do presente trabalho incidente na última fase do ciclo de vida, será tida em conta o processo correspondente ao *System Installation Stage*, processo esse que será aplicado no estudo dos casos propostos.

3.3. Políticas e Estratégias de Manutenção de edifícios

Para muitos investigadores, o conceito de manutenção de edifícios é de alguma forma objeto de discórdia, dada a variedade de atividades planeadas e não planeadas, como as atividades de inspeção de edifícios, de execução de serviços, de realização de pequenas reparações, substituições e melhorias, quer técnicas quer funcionais. É ainda posta em causa a diferenciação entre as atividades de Manutenção de Edifícios - consideradas atividades de carácter meramente técnico (Calejo 2001) - e as atividades de Gestão da Manutenção de Edifícios, que de certa forma são vistas por alguns investigadores como atividades de suporte e administrativas (Falorca et al. 2011).

A norma ISO 6707-1,1989 oferece um conceito normalizado do conceito de manutenção, “a Manutenção é a combinação de ações técnicas e respetivos procedimentos administrativos que, durante a vida útil dum edifício, se destinam a assegurar que este desempenhe as funções para que foi dimensionado”.

“A gestão da manutenção é planeamento”, afirmam Falorca et al. (2011) e explicam, que a Gestão da Manutenção se refere a “todas as atividades da gestão que determinam objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por meios, tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria dos métodos na organização incluindo os aspetos económicos”. Referem ainda que para o exercício da atividade, deve ser garantido que os procedimentos essenciais para o alcance dos objetivos e das metas propostas para a Manutenção são implementadas, podendo dar-se o caso de surgirem novos objetivos, consoante se trate de Manutenção Industrial ou da Manutenção de edifícios. Enquanto no primeiro caso, a Gestão da Manutenção foca-se fundamentalmente na garantia de funcionamento eficiente das máquinas, com rendimentos próximos dos nominais e poucas avarias (de rápida resolução caso surjam), no caso dos edifícios, a gestão vai centrar-se noutras funções, tal como garantir o cumprimento das exigências legais relativas à organização da Manutenção, gerir a qualidade do ar interior e o consumo de energia, assegurar a máxima disponibilidade dos equipamentos e sistemas, ter consumos energéticos mínimos, zelar pela qualidade ambiental, identificar fragilidades e proceder à sua melhoria, resolver avarias, etc. Para além destes fatores, para que haja uma gestão eficiente é importante ter sempre em atenção aspetos como a monitorização do estado e desempenho dos múltiplos elementos construtivos constituintes no edifício.

As ações de manutenção, em concordância com as suas características, podem ser divididas tal como representado no esquema da Figura 23.

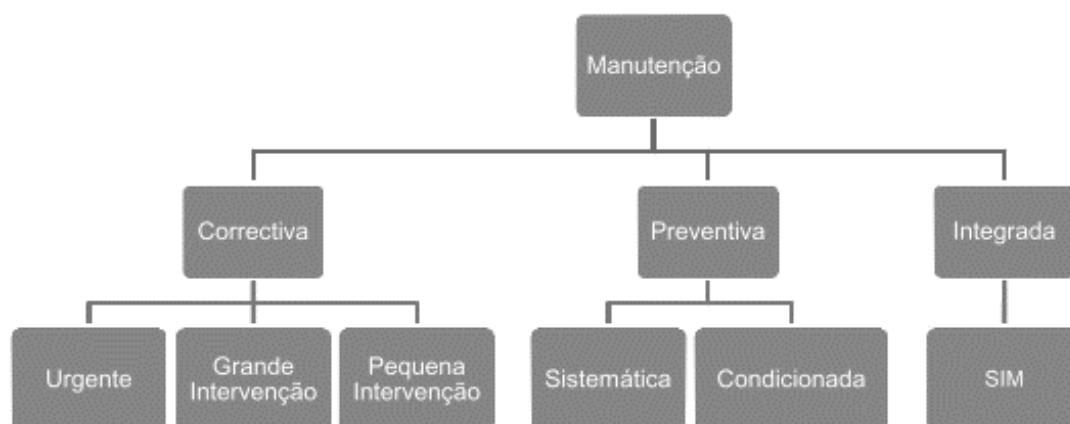


Figura 23 - Políticas de Manutenção (Alves 2008)

A manutenção ao nível das instalações, principalmente quando se trata da metodologia BIM, deve ser aplicada de forma planeada, ou preventiva, podendo também ser integrada, como se verificará de seguida.

3.3.1. Manutenção Preventiva

A implementação deste modelo de manutenção consiste na execução de um conjunto de atividades, planeadas previamente com periodicidades fixas, permitindo minimizar o número de trabalhos extraordinários e, conseqüentemente, uma menor interferência com a normal utilização do edifício. Este tipo de manutenção requer que as intervenções sejam realizadas durante o período de vida útil dos materiais/elementos constituintes do edifício, daí advém que a vida útil dos mesmos deve ser, obrigatoriamente, definida *à priori*.

Segundo Lewis, citado por Alves (2008), o referido planeamento das atividades de manutenção é idealmente assente na realização de manuais de manutenção e inspeção que ajudem a estabelecer planos de rotinas de manutenção para que se atue previamente às ocorrências das anomalias, maximizando assim o retorno do investimento.

(Calejo 2001) refere que para além da correção de falhas, do suprimento de necessidades e da monitorização, as ações de manutenção preventiva incluem também operações destinadas a aumentar a fiabilidade e operacionalidade dos diversos elementos/equipamentos/componentes, que constituem os edifícios. Disto isto, a

manutenção preventiva é dividida em duas sub-estratégias: manutenção baseada em intervalos de tempo pré-definidos e a baseada na condição.

Na primeira, a manutenção é apoiada por um plano de inspeções periódicas em intervalos de tempo específicos, não sendo obrigatoriamente fixos, e, não estando dependentes das condições em que se encontram os elementos constituintes do edifício (manutenção preventiva sistemática).

A segunda hipótese referida (manutenção preventiva condicionada) tem como objetivo passa por interpretar indicadores de possíveis degradações com o intuito de atuar de forma a evitar falhas/degradações mais graves. Para a correta e atempada interpretação destes pequenos indicadores podem ser implementados os métodos de observação seguintes:

- Inspeções Periódicas.
- Inspeção e Observação Contínua (monotorização através de sensores).
- Realização de Ensaios.

3.3.2. *Manutenção Integrada*

Da conjugação da manutenção preventiva e reativa, surge a manutenção integrada. Este conceito é fundado pela necessidade de resolver as necessidades criadas por grandes empreendimentos. Este tipo de manutenção envolve uma grande quantidade de informação, contendo cadastros técnicos, económicos e funcionais das edificações. A dificuldade da articulação entre todos os dados existentes e, a sua complexidade, fazem com que os sistemas informáticos tenham um papel fulcral. A manutenção integrada dá então origem a uma nova metodologia chamada Sistema Integrado de Manutenção (SIM), capaz de coordenar todas as áreas entre si, tornando o ato da manutenção em si mais simplista e eficaz, com a frequência desejada e não obrigatória. Com esta nova política, as ações de intervenção são rentabilizadas, existe uma sistematização de procedimentos, os ciclos de intervenção podem ser ajustados para a obtenção de maior precisão, permite uma redução de custos de tempo e maior adequabilidade de resposta (Alves 2008).

Rodrigues (2001), apresenta um fluxograma ilustrativo de como se deve organizar a estrutura de um SIM (Figura 24), pretendendo com isso estruturar a relação entre as diferentes áreas nele implicadas. Com este objetivo, particulariza três grandes grupos: Cadastro, composto por uma base de dados da operação da manutenção, dividindo-a consoante o tipo de atividade (técnica, económica e funcional); o Plano de Manutenção, repartido em três partes, Manutenção Preventiva, Gestão da Vida Útil e Manutenção; Intervenção, promovendo a tipificação das diferentes formas de atuação sobre um edifício

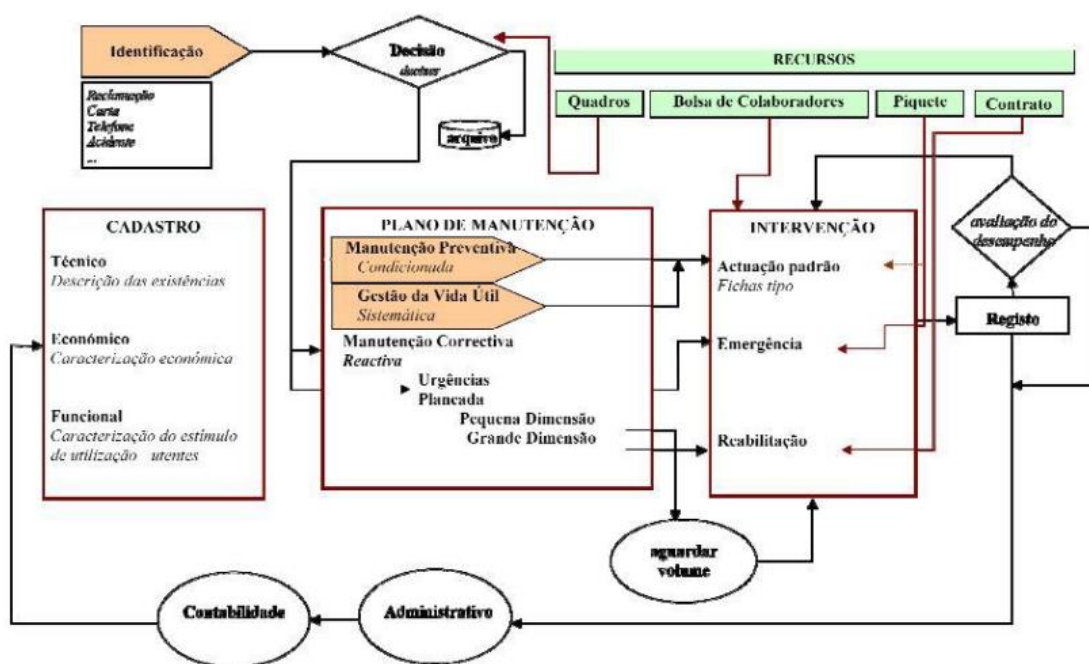


Figura 24 - Fluxograma da estrutura das diferentes áreas dum SIM (Rodrigues, 2001)

Como mencionado anteriormente, o processo BIM-FM compreende um sistema de manutenção computadorizado, o CMMS que será detalhado no ponto seguinte.

3.3.3. Sistemas de dados informáticos

Com a evolução tecnológica, a crescente complexidade de edifícios e a responsabilidade associada à gestão dos mesmos, foram desenvolvidas novas tecnologias que apoiem esta atividade, e como tal, foram criados vários sistemas de dados informáticos que apoiam a função de um Gestor de Edifícios e apresentam aplicações diversas na área de Gestão de Edifícios, são elas (Soares 2013):

- CAFM, *Computer Aided Facilities Management*: permite a ligação entre programas CAD de arquitetura e engenharia e um programa de base de dados especialmente dedicados à aplicação da gestão de edifícios;
- CMMS, *Computerized Maintenance Management Systems*: permite a todos os intervenientes na gestão de edifícios analisar o estado das operações de manutenção dos seus ativos e os custos associados à mão-de-obra necessária à realização dos mesmos;
- IWMS, *Integrated Workplace Management System*: é uma plataforma de dados que permite agrupar e otimizar todos os processos envolvidos na gestão de edifícios.

A terminologia CAFM é a pioneira na identificação dos sistemas informáticos FM, formando uma base para o crescimento das suas aplicações. Este progressivo desenvolvimento de novas soluções levou à multiplicação das terminologias utilizadas para descrever os campos de aplicação em que estas se inseriam. Vista por alguns autores como uma simples estratégia de Marketing, o IWMS representa uma evolução do CAFM (Soares 2013).

Soares (2013), refere ainda, com base no trabalho de Leppard (2009), que a definição de IWMS é idêntica à de CAFM: “Uma plataforma empresarial para auxiliar no planeamento, projeto, gestão, utilização e alienação dos ativos de uma organização baseada na sua localização. Os sistemas IWMS ajudam as organizações a otimizar o uso de recursos do local de trabalho, incluindo a gestão do portfólio de imobiliário, infraestruturas e ativos das instalações de uma empresa”. Segundo Rodas (2015), estas aplicações auxiliam o trabalho de um Facility Manager ao assistir a organização e gestão das seguintes áreas pelas quais é responsável:

- Gestão dos espaços e das instalações;
- Operações e manutenção da instalação;
- Gestão de ativos e arrendamentos;
- Gestão de projetos;

- Sustentabilidade ambiental;
- Recursos humanos.

Neste capítulo será analisado o campo de aplicação da gestão da manutenção, mais concretamente o conceito CMMS.

O CMMS pode ser utilizado para gerir instalações simples ou mais complexas, a partir de um único edifício. Este sistema também pode ser usado para fazer a gestão de um programa de manutenção para um agrupamento de equipamentos como, por exemplo, uma frota de veículos. Os sistemas são muito versáteis, uma vez que a maioria funciona em módulos para as várias funções de manutenção e pode ser personalizado para atender a aplicações específicas, ou seja, o CMMS deve atender às necessidades, restrições e oportunidades de negócio e ser implementado para que os utilizadores sejam capazes de acolher a tecnologia e ter uma visão dos benefícios que ela traz (Sapp 2015).

Uma das questões que se levanta quando se fala no CMMS é a implementação do BIM. De facto, o BIM permite que haja uma melhoria considerável na qualidade das informações disponíveis para todas as ferramentas das instalações. Estes modelos de informação podem ser usados para assegurar que a instalação continua a funcionar como pretendido. Deste modo, deve-se procurar programas informáticos que suportem padrões abertos, a fim de minimizar os problemas de interoperabilidade (Lavy & Jawadekar, 2014).

3.4. Programas de aplicação ao FM

Atualmente, o mercado oferece a possibilidade de adquirir programas dedicados ao BIM, assim como outras ferramentas tecnológicas que auxiliem o trabalho do Gestor de Edifícios, no entanto, como referido no ponto anterior ainda não existem muitas que apoiem a sua união num só programa. Atualmente, apenas existem programas que permitem a ligação entre as duas aplicações e habitualmente se apresentam numa conjuntura de trabalho interativo e *online*. Na prática, a partir do momento em que o responsável pela gestão do edifício dá entrada na interface da sua conta, terá acesso a uma completa visualização do edifício em estudo, assim como a diversas ferramentas que

suportam a gestão do mesmo. Os benefícios associados a esta tecnologia encontram-se total e diretamente ligados ao LOD empregue aquando da modelação como também à quantidade e qualidade de informação inserida.

Uma das vantagens apresentada por este tipo de aplicações é que uma vez que funcionam num ambiente de trabalho interativo não são exigidos requisitos de sistema, ou seja, o utilizador não precisa de possuir um computador com características elevadas, a nível de processador ou de armazenamento, para alcançar um bom desempenho destas aplicações. Consequentemente, devido ao facto de funcionarem como uma interface web, que pode ser acedida em qualquer lugar, os utilizadores podem reportar falhas e avarias, planear as suas reparações e gerirem as fichas e ordens de trabalho no local da obra (Rodas, 2015).

A seleção do *software* mais adequado para o FM é um dos fatores mais importantes, de modo a que a implementação do conceito no seio de uma organização seja bem-sucedida. Naturalmente, existem então diversos fatores a ter em conta na escolha do melhor *software*, procurando, primeiramente, saber qual o propósito em que este será empregue e se é eficiente o suficiente para satisfazer as necessidades da organização. Existem várias ferramentas que apoiam a metodologia BIM-FM e apresentam o processo de trabalho descrito, tais como, ArchiFM, EcoDomus, IBM Maximo, FM:Interact, Bentley Facilities, Onuma System, entre outros. Contudo, serão apenas descritas as vantagens que o IBM Maximo apresenta, já que o *software* é utilizado na gestão dos edifícios em estudo na presente dissertação.

3.4.1. IBM Maximo Asset Management

O IBM Maximo Asset Management é uma solução completa reservada à gestão de ativos físicos numa plataforma comum em indústrias com um grande volume de ativos. Ajuda na gestão de todos os tipos de ativos, incluindo fábrica, produção, infraestrutura, instalações, transporte e comunicações. O IBM Maximo Asset Management inclui seis módulos de gestão numa arquitetura orientada para satisfazer de forma dinâmica os serviços de uma empresa (BIFM 2016):

- Gestão de ativos - Obter o controlo necessário para rastrear e gerir de forma mais eficaz ativos e dados de localização, ao longo do ciclo de vida dos ativos.
- Gestão de trabalho – Efetuar a gestão de atividades planeadas e não planeadas, desde o pedido inicial até à respetiva conclusão, incluindo o registo de custos efetivos.
- Gestão de serviço – Definição de ofertas de serviço, estabelecimento de acordos de nível de serviço, monitorização de forma mais proactiva do fornecimento de níveis de serviço e implementação de procedimentos de resolução de problemas.
- Gestão de contratos – Obter suporte total para aquisição, *leasing*, aluguer, garantia, custos do trabalho, *software*, contratos principais, globais e definidos pelo utilizador.
- Gestão de inventários – Conhecer os detalhes de inventários relacionados com ativos e a respetiva utilização, incluindo informações como o quê, quando, onde, que quantidade e que valor.
- Gestão de *Procurement* (contratação) – Suporte para todas as fases do *procurement* de toda a empresa, tais como compras diretas e reposição de inventário.

Capítulo 4

Casos de Estudo

Capítulo 4. Casos de Estudo

- 4.1. Enquadramento Inicial
- 4.2. Apresentação dos Casos de Estudo
 - 4.2.1. Reservatório A
 - 4.2.2. Reservatório B
- 4.3. Modelação 3D
 - 4.3.1. Arquitetura
 - 4.3.2. Modelação Paramétrica
 - 4.3.3. Introdução aos “*Mechanical Equipment and Plumbing*”
 - 4.3.4. Classificação dos espaços
- 4.4. Integração Revit-COBie
 - 4.4.1. COBie *Extension*
 - 4.4.2. Folha de Cálculo COBie
- 4.5. Síntese
- 4.5. *Dynamo*
- 4.6. Autodesk 360

Capítulo 4. Casos de Estudo

4.1. Enquadramento Inicial

A presente dissertação visa a análise da implementação da metodologia BIM na gestão da manutenção de duas instalações pertencentes à empresa Águas da Região de Aveiro, permitindo perceber até que ponto é possível gerar um método para conectar o modelo 3D, e os respetivos COBie, com o *software* de gestão FM e outras formas de recolha de dados sobre ativos, em vigor na empresa.

A AdRA faz parte do grupo Águas de Portugal, que tem como missão “projetar, construir, explorar e gerir o abastecimento de água e sistemas de tratamento de água, numa perspetiva económica, técnica e ambientalmente sustentável”. Segundo o “Águas de Portugal Group” a empresa procedeu a um investimento 7.5 biliões de euros entre 1993 e 2013.

Com vista a colocar em prática a missão relatada anteriormente, a empresa acordou a aplicação de um modelo de gestão integrada de manutenção existente no mercado, a que chamou *AQUAMAN*. A solução encontrada permite a conceção de uma organização operacional e funcional de todas as infraestruturas da empresa, com tudo o que isso implica, desde a criação de um inventário dos objetos alvo de operação e de manutenção, à organização dos artigos, para um conseqüente mais eficiente gestão de armazéns, passando por último pela organização de procedimentos dos diferentes tipos de manutenção e da execução das ordens de trabalho.

Esta solução, aplicável sobre todo o ciclo de vida dos ativos, providencia uma solução de manutenção mais abrangente na gestão de trabalho planeado (manutenção preventiva e preditiva) e não planeado (manutenção corretiva), de longo e de curto prazo, conferindo conseqüentemente uma maior eficiência e eficácia aos processos de manutenção, garantindo por conseguinte uma significativa redução de custos.

Citando o atual Diretor de operação e manutenção da AdRA, “Com a entrada em funcionamento do *AQUAMAN* temos verificado capacidade para gerir todas as ordens de

trabalho (OT) geradas pela AdRA, num ambiente amigável e com boa velocidade de processamento, nomeadamente os diversos planos de manutenção. Outro aspeto muito positivo relaciona-se com a interligação com o SIG possibilitando a georreferenciação das OT.”

A escolha pelas instalações objeto de estudo insere-se na tentativa de resposta à problemática que ao longo do tempo tem vindo a gerar discordância nos intervenientes ligados à temática BIM: até que ponto é possível implementar uma metodologia BIM em instalações existentes, com vista a alcançar uma gestão integrada da manutenção que seja competente, eficaz e produtiva.

O estudo duma solução deste tipo justifica-se devido à importância que estas instalações apresentam para a concretização das necessidades das entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água, procurando uma intervenção planeada para prevenir hipotéticas avarias que afetem o seu normal funcionamento.

Posto isto, foi definido um plano com diversas fases, de forma a organizar e simplificar o processo. O método utilizado de forma análoga para os dois casos de estudo, é, resumidamente, composto pelas seguintes etapas:

- I. Recolha de toda a informação necessária, quer das instalações, como dos ativos nelas integrados;
- II. Modelação da instalação e dos seus equipamentos, recorrendo ao *Autodesk Revit* 2016;
- III. Criação do ficheiro COBie a partir das informações recolhidas de cada equipamento;
- IV. Tratamento da informação e criação de um modelo de sincronização de informação entre o modelo Revit e o ficheiro COBie;
- V. Introdução do modelo tridimensional e dos restantes elementos de projeto na plataforma A360.

Finalizado o processo, a empresa a quem compete a execução da manutenção das infraestruturas tem ao seu alcance todas as informações vitais para implementar uma gestão eficaz das edificações. O trabalho realizado ambiciona, no fundo, ativar um

modelo BIM 7D para servir a gestão e manutenção das edificações, com a possibilidade ainda deste ser replicado para outras instalações.

4.2. Apresentação dos Casos de Estudo

4.2.1. Reservatório A

A primeira instalação alvo de estudo, designada como Reservatório A, situa-se na localidade de Serém de Cima, conselho de Águeda. Este reservatório, circundado a vermelho na planta de localização da Figura 25, tem como função regular a pressão do processo de abastecimento de água à população de Serém e encontra-se no interior do recinto da Escola Básica do 1º Ciclo de Serém de Cima (agora desativada).

Tal como é possível verificar nas fotografias presentes na Figura 26, as informações recolhidas revelaram uma estrutura simples que tinha sido alvo de intervenções de reabilitação estrutural, há relativamente pouco tempo, o que levou a que se tivesse acesso às plantas atualizadas.

Contudo, após a visita ao local das instalações, verificou-se que o caso de estudo em questão oferecia um objeto de estudo pouco interessante e demasiado simples para o objetivo pretendido. Posto isto, surgiu a oportunidade de estudar simultaneamente uma outra instalação de maior dimensão, integrando mais equipamentos, o que adicionaria, objetivamente maiores dificuldades e um valor acrescido a todo o processo.



Figura 25 - Vista de satélite do Reservatório A (Fonte: Google Maps).



Figura 26 - Fotografias do Reservatório A, retiradas no local

4.2.2. Reservatório B

O segundo caso de estudo, referido como Reservatório B, situa-se no centro da Cidade de Aveiro. Circundado a amarelo na Figura 27, este reservatório tem como função regular o abastecimento de água a diversas zonas de Aveiro, procedendo ao mesmo tempo ao seu tratamento.

A visita às instalações do reservatório B, representadas na Figura 28, comprovou a existência de grandes diferenças quando comparado com o Reservatório A, não só ao nível do tamanho da infraestrutura em si, mas de toda a influência que esta representa no abastecimento à cidade de Aveiro.



Figura 27 - Vista de satélite do Reservatório B (Fonte: Google Maps).



Figura 28 - Fotografias do Reservatório B, retiradas no Local

4.3. Modelação 3D

A modelação dos edifícios foi realizada com recurso ao *software Autodesk Revit 2016*. Na escolha do *software* foi tida em consideração a revisão bibliográfica realizada no ponto 2.6 da presente dissertação, a dimensão do projeto, as especialidades a serem modeladas (Arquitetura e Águas Residuais) e a excelente interoperabilidade que o *software* apresenta com programas informáticos de gestão de ativos.

O primeiro passo para a conceção do modelo passou por requisitar perante a AdRA todas as informações geométricas e não-geométricas das infraestruturas em causa. Perante isto a informação adquirida foi dividida consoante a informação relativa à construção/arquitetura e a informação referente aos equipamentos.

Porém, regra geral, antes de se dar início à construção do modelo é indispensável esclarecer o propósito a que se destina, procedendo à definição do LOD e com isto especificar e articular com elevado nível de clarificação o conteúdo que se pretende

integrar no modelo. Para isto foram tidas em conta as definições do acrónimo LOD, já referidas no segundo capítulo da presente dissertação (2.5), desenvolvidas pelo *American Institute of Architects* e que definem os cinco níveis de desenvolvimento existentes. Para além disso, foi possível, através do paralelismo presente na Tabela 1 da presente dissertação, entre as definições de cada nível LOD e as diversas fases de projeto definidas pela Portaria 701-H/2008, tornar perceptível que para uma fase de projeto correspondente à Exploração e Manutenção o LOD a utilizar corresponde ao LOD 500. Este nível de desenvolvimento, como referido anteriormente, caracteriza-se pela replicação exemplar dos elementos existentes, criando um modelo “*as-built*” da infraestrutura em que os elementos são modelados como construídos na realidade e precisos em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação, incluindo consequentemente um maior detalhe gráfico. Contudo, a efetiva carência de “famílias” BIM correspondentes aos equipamentos integrados nas infraestruturas e a dificuldade encontrada em reunir informações acerca das características dos mesmos, tornou impossível a criação de um nível de detalhe tão elevado.

Devido às condições anteriormente descritas, não foi possível obter o LOD 500, apesar de ser o indicado como o ideal no processo do Facility Management. Embora nesta fase não se tivesse ao dispor as informações referentes às características dos equipamentos, para que se pudessem posteriormente introduzir diretamente nos elementos modelados e permitir a criação dos ficheiros COBie, deu-se início à execução dos modelos 3D, replicando a arquitetura com o apoio das plantas e cortes dos edifícios.

4.3.1. Arquitetura

No presente subcapítulo, será explicado o processo desenvolvido o processo desenvolvido para efetuar a modelação arquitetónica das instalações através do *Autodesk Revit*. É essencial referir que alguns dos passos realizados nesta etapa serão omitidos, já que não é o objetivo principal da presente dissertação.

O processo utilizado nesta modelação inicial teve como base as normas estabelecidas pelo COBIM, mais especificamente no documento *Architectural Design* e os conhecimentos adquiridos através de utilizações anteriores do *software*. Desde já, é

importante referir que os passos descritos de seguida foram executados de forma análoga para os dois Reservatórios em estudo

Primeiro, procedeu-se à criação dos níveis (*Levels*) referentes a cada planta facultada com a altura assinalada nos cortes. Posteriormente, com a utilização do comando “*Import CAD*” presente no menu “*Insert*”, foi possível introduzir em cada “*Level*” a planta respetiva, originando uma base para que se dar início à criação do modelo, facilitando assim a tarefa de modelação do edifício. Nesta fase é indispensável a centralização de todas as plantas relativamente a um ponto em comum. De seguida deu-se início à modelação propriamente dita recorrendo a elementos arquitetónicos de diversas classes presentes no menu “*Architecture*”: “*Walls*”, “*Roofs*”, “*Floors*”, “*Columns*”, entre outros.

4.3.1.1. Reservatório A

A modelação arquitetónica da estrutura do reservatório localizado em Serém foi executada sem dificuldade, já que as informações recolhidas revelaram uma estrutura simples que tinha sido alvo de intervenções estruturais há relativamente pouco tempo, o que levou a que se tivesse acesso às plantas atualizadas. Na Figura 29 apresenta-se o corte representativo dos “*Levels*” utilizados para a criação do modelo que por sua vez se encontra na Figura 30.

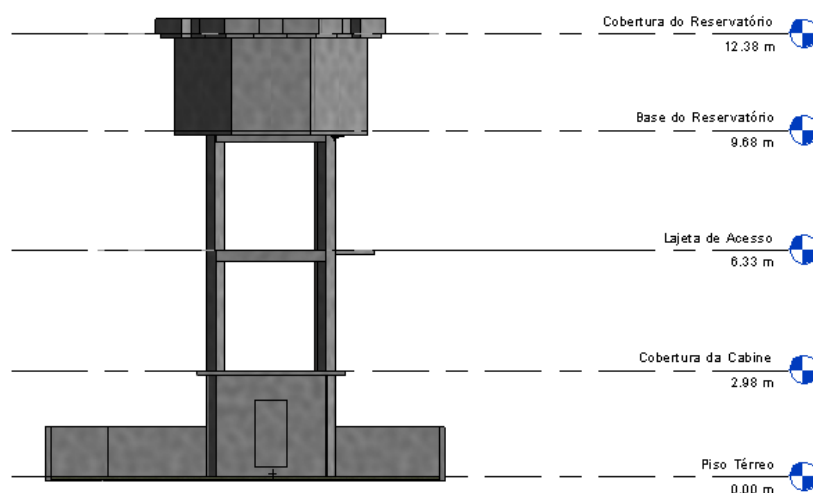


Figura 29 - Corte do Reservatório A com os respetivos “*Levels*” utilizados



Figura 30 – “Render” do modelo 3D do Reservatório A, retirado do Autodesk Revit

4.3.1.2. Reservatório B

O Reservatório B apresenta uma inequívoca maior complexidade quando comparado com o Reservatório A, e ainda devido ao facto das plantas e cortes fornecidos não apresentarem o rigor necessário para a criação de uma réplica fiável da infraestrutura, o que levou a que fossem necessárias diversas visitas às instalações em causa, para complementar as informações facultadas pela empresa. Visto apenas terem sido apresentadas as plantas correspondentes à Cave e ao Rés-do-Chão (“Site”) da instalação, os restantes pisos foram modelados com recurso aos levantamentos que foram possíveis de efetuar no local. Após o modelo criado podem ser obtidos diversos desenhos e projeções. A Figura 31 apresenta três perspetivas do exterior da infraestrutura e a Figura 32 as fachadas principal e posterior do edifício.

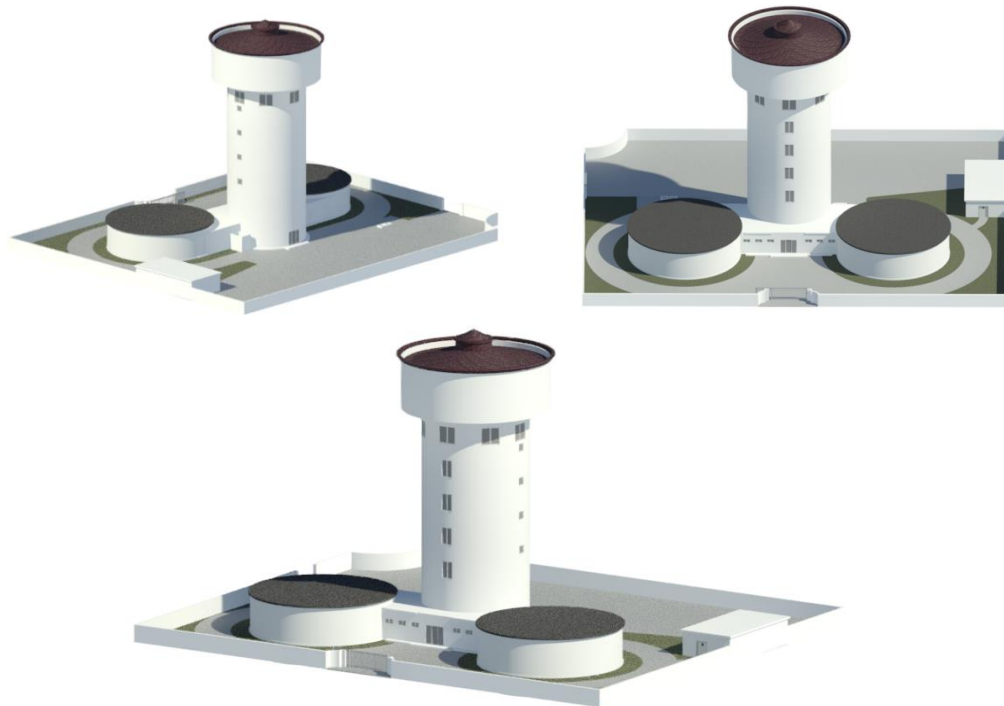


Figura 31 - Perspetivas do Modelo 3D

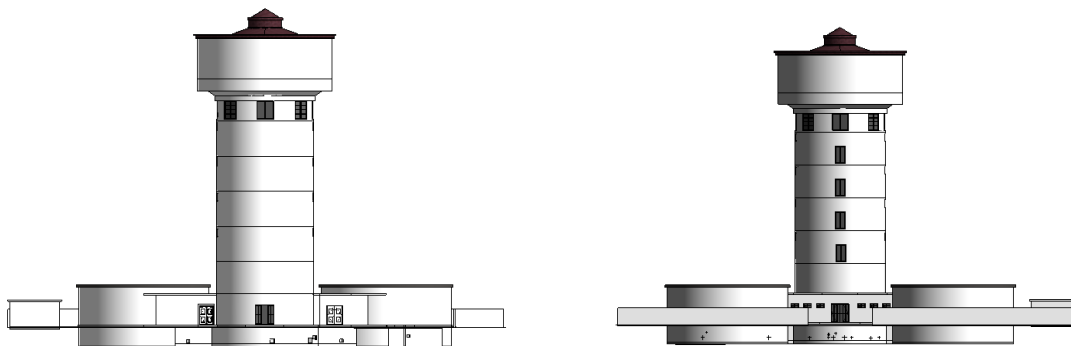


Figura 32 - Alçados principal e posterior

4.3.2. Modelação Paramétrica

Quando comparado com o AutoCAD, o Revit apresenta uma lógica organizativa diferente, não apresentando “*Layers*” o que pode ser levado, numa perspetiva inicial, como uma desvantagem, o que realmente não é. Basicamente, o Revit reconhece os objetos como aquilo que realmente são (janela, parede, ...), tratando-os e organizando-os de acordo com a respetiva “*Categoria*” a que pertencem. Posto isto, de forma a visualizar corretamente os elementos que constituem um projeto em Revit, é dada a possibilidade

de organizá-los em Categorias (por exemplo, a categoria das Portas) e respectivas Subcategorias (no caso da porta teremos o Painel, o Aro, ...). Cada um destes elementos permite que se consiga definir a espessura, cor, e estilo de linha usados para representá-los. É possível concluir que, neste sentido, as categorias utilizadas no Revit correspondem a uma forma de organização em todo equivalente, à definida pelas *Layers* nos programas CAD.

Como se pode verificar na Figura 33, existem quatro categorias gerais de objetos em Revit: *Model Objects*, *Annotation Objects*, *Analytical Model Objects* e *Imported Objects*.

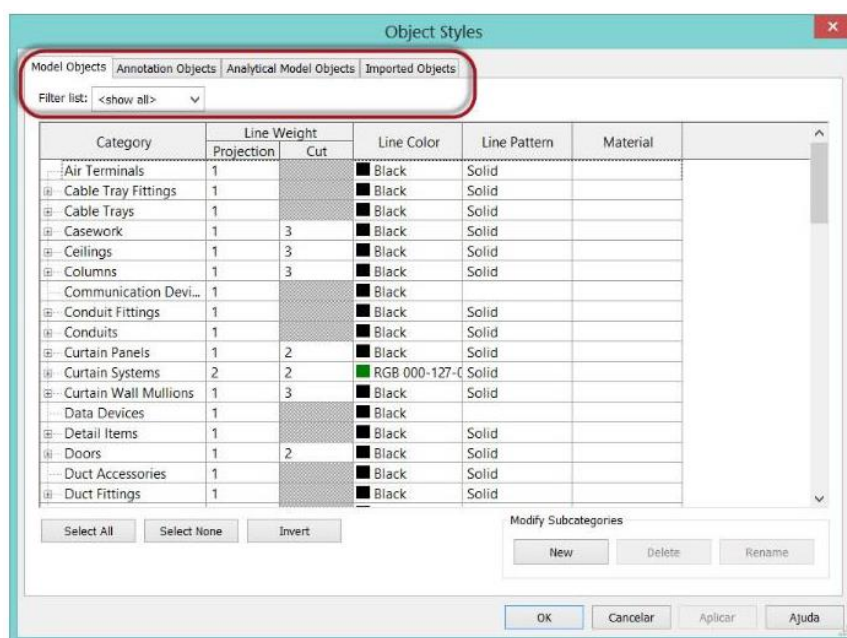


Figura 33 - Categorias Gerais de Objetos em Revit Autodesk

Dentro das referidas categorias, destacam-se: *Model Objects*, objetos, maioritariamente 3D, que representam elementos do modelo (por exemplo: portas, janelas, mobiliário, ...); *Annotation Objects*, objetos gráficos 2D que não fazem parte do modelo mas que anotam as vistas desse modelo (por exemplo: cotagens, texto, etiquetas, ...), sendo que estes caracterizam-se por não alterarem o seu tamanho mesmo com alteração da escala.

Estas categorias, como referido anteriormente, são subdivididas em “famílias” (Figura 34) onde se distinguem conforme a sua constituição (Janelas Duplas, Portas Interiores, etc). Consequentemente, cada família pode apresentar inúmeros Tipos (*Types*),

onde os elementos se diversificam consoante certas propriedades (uma Porta 200mm e outra de 300mm são da mesma família mas de tipos distintos). Por fim, existe a Localização (*Instance*), onde se particulariza de que modo cada elemento se encontra no projeto (um elemento pode estar localizado na parede X, no espaço Y, orientada numa certa direção).

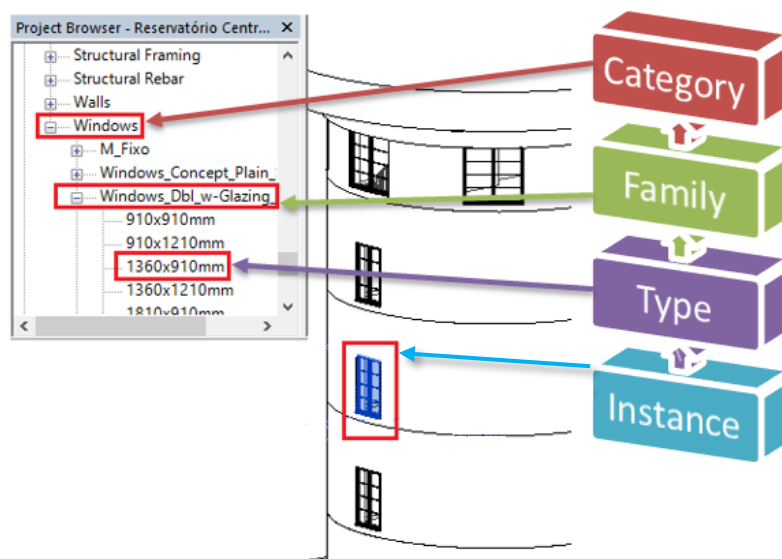


Figura 34 - Hierarquia dos elementos no Revit

4.3.3. Introdução ao “Mechanical Electrical and Plumbing”

O termo *Mechanical Electrical and Plumbing* - MEP é usual para aqueles que se encontram integrados no sector do imobiliário ou da engenharia e construção de edifícios, existindo no entanto, ainda algum desconhecimento, sobre a importância dos MEP no projeto de edifícios. Em geral, o projeto de MEP refere-se essencialmente a sistemas mecânicos, elétricos e de águas (de abastecimento e residuais) utilizados num edifício, sendo utilizado aquando do projeto, instalação, uso e manutenção destes sistemas específicos.

Dada a sua importância, o Revit apresenta um menu designado *Systems* que permite a construção de um modelo que replique as redes e equipamentos integrados na infraestrutura e que por sua vez, é subdividido em quatro separadores: AVAC, Mecânico,

hidráulico e elétrico. Deste modo, procedeu-se à criação do modelo MEP do presente caso de estudo, que corresponde apenas à modelação da especialidade das instalações hidráulicas.

De forma análoga aos modelos de arquitetura já realizados, os modelos MEP tiveram como base as plantas e cortes obtidos aquando da recolha das informações junto da AdRA.

O Revit oferece ainda, a possibilidade de criar os próprios equipamentos, mas tendo em conta que o nível de detalhe que se propôs no início do projeto não implica um LOD 500 (“*as-built*”), optou-se pela adição de equipamentos já integrados nas diversas bibliotecas *online* de objetos *BIM*. Através do comando “*Load Family*”, e já depois de se aceder a bibliotecas como a *National BIM Library*, *Autodesk Seek* e *MEPcontent* para realizar os *downloads* dos ficheiros em formato *RFA*, foram introduzidos nos modelos os equipamentos, que se consideraram, mais semelhantes aos existentes no local. Posto isto, ficaria apenas a faltar a introdução, ou alteração se fosse o caso, de todos os campos referentes às respetivas propriedades, através do comando “*Type Properties*”.

4.3.3.1. Reservatório A

O processo que envolveu a adição dos equipamentos no Reservatório A, localizado em Serém, foi de longe a etapa menos complexa do presente trabalho, facto que se deveu à existência de poucos equipamentos integrados no reservatório o que o remete para um contexto de menor importância, já que uma hipotética avaria nos equipamentos do mesmo não implicariam um prejuízo tão elevado para a empresa, quando comparado com o Reservatório B. Na construção do modelo teve-se em atenção a informação que se obteve junto de um dos gestores da manutenção do reservatório, aquando de uma visita ao local, sendo que na Figura 35 é possível verificar alguns pormenores do panorama encontrado nas instalações do Reservatório A



Figura 35 - Fotografias de equipamentos do Reservatório B retiradas no local

Como é possível verificar pela Figura 36, apenas existe uma válvula reguladora de caudal e as respetivas tubagens de entrada e saída do depósito elevado, que por sua vez passam pelo interior e exterior do mesmo. Tendo em conta que as informações fornecidas pela AdRA apenas indicavam as ligações no interior das instalações, não tendo sido facultada qualquer informação da localização e das cotas das tubagens na envolvente das instalações, estas não foram incluídas no modelo.

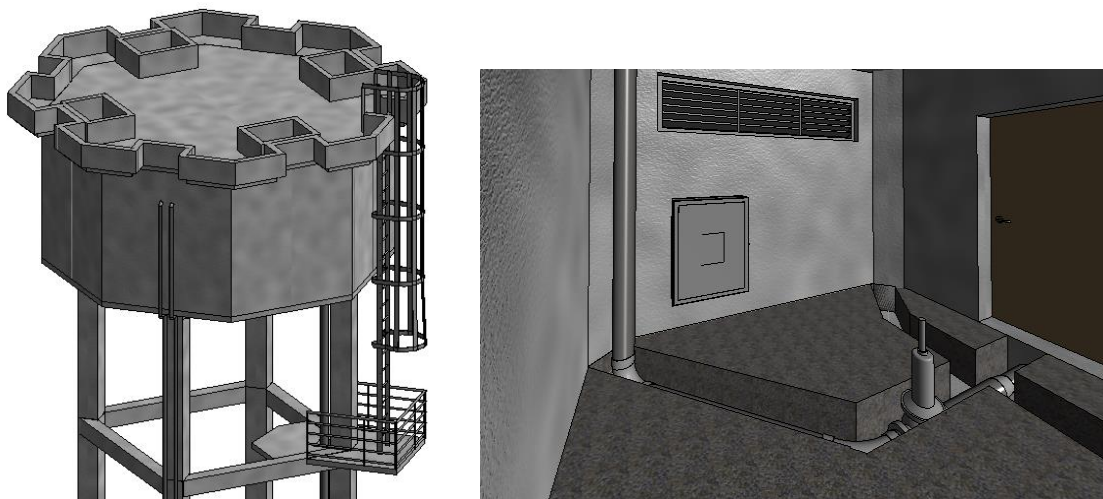


Figura 36 - Perspetiva 3D da parte superior do reservatório e do seu interior

Para efeito de uma posterior criação de ficheiros COBie, foi introduzida toda a informação acerca das características de cada equipamento, fazendo uso das capacidades de parametrização oferecidas pelo Revit.

4.3.3.2. Reservatório B

Esta etapa acabou por se apresentar como a mais complexa, devido ao enorme aumento de informação, que teve por base o maior número de equipamentos que constitui a especialidade das instalações hidráulicas. Verificou-se que os equipamentos eram muito específicos, e que a maioria não possui uma família que efetivamente o represente nas bibliotecas pré-existentes do Revit. Tem-se como exemplo a válvula motorizada, em que apesar da existência de vários exemplos na biblioteca do próprio *software*, não existia nenhum que se assemelhasse aos já integrados no local. Na Figura 37 encontram-se algumas fotografias retiradas aquando das visitas à instalação do Reservatório B que demonstram o panorama encontrado.



Figura 37 - Fotografias de alguns equipamentos existentes no Reservatório B, retirado no local

Por forma a demonstrar um pouco mais o resultado da modelação da especialidade de redes de Águas, serão de seguida apresentadas algumas imagens ilustrativas do edifício e de alguns equipamentos que o integram (Figuras 38, 39, 40).

Durante esta etapa de desenvolvimento do modelo, foi possível verificar que a capacidade de deteção de erros e colisões entre os elementos das redes de abastecimento por parte do *software* Revit se mostrou muito importante, servindo de apoio para que se procedesse a uma correta replicação da realidade. Esta funcionalidade acaba por se tornar numa das grandes vantagens para a criação de projetos de especialidade deste tipo, em que existem inúmeras tubagens a ter em conta, impedindo hipotéticas sobreposições de equipamentos. Assim, é possível afirmar que o Revit promove a otimização processual e a diminuição de falhas em fase de projeto e construção.

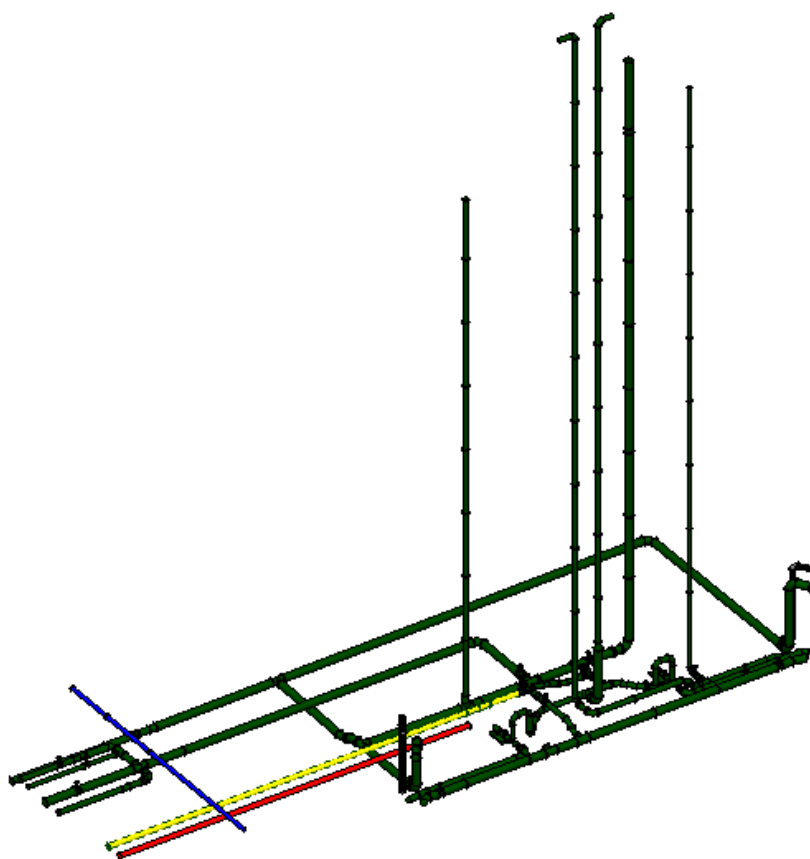


Figura 38 - Perspetiva 3D do modelo MEP final

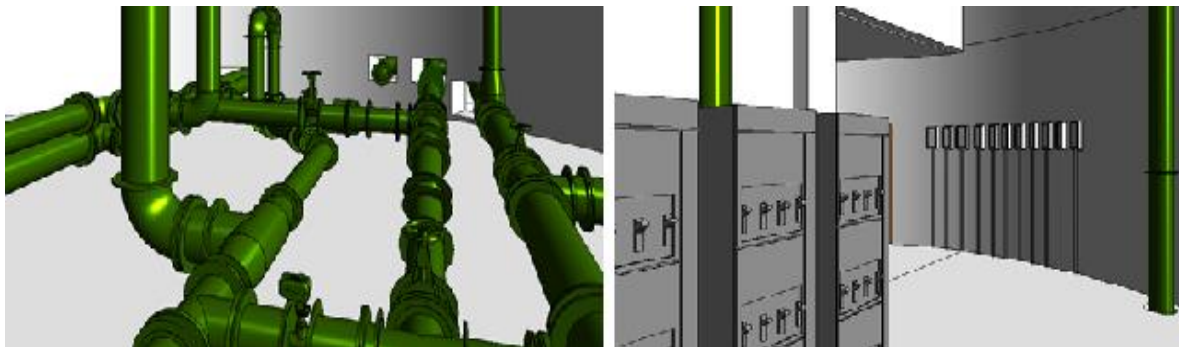


Figura 39 - Projeções do interior do modelo 3D, com ilustração dos equipamentos

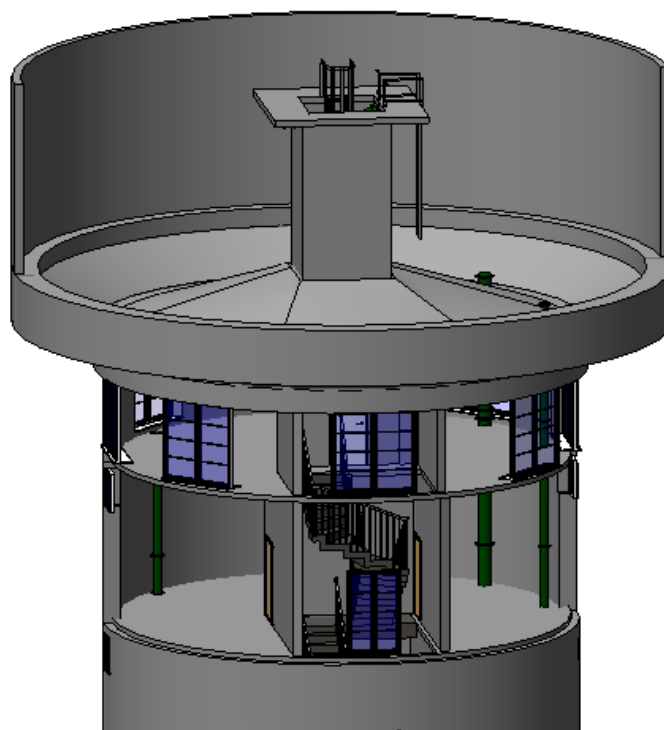


Figura 40 - Perspetiva 3D do Reservatório Elevado em corte

4.3.4. Classificação dos Espaços

Um uso consistente e cuidadoso da informação espacial é essencial para obter os benefícios envolvidos no processo baseado na metodologia BIM. Os dados relativos aos espaços são utilizados para diversos fins, como cálculos de custos, comparação do projeto e do programa, análise energética e aplicações na área da gestão de instalações (Facility Management). O Revit apresenta ao todo duas formas de definir a informação espacial de áreas e volumes que correspondem a “*Rooms*” e “*Spaces*”. Utilizados maioritariamente

por arquitetos, os “*Rooms*” são utilizados para adicionar informações acerca de pisos e dos elementos que os integram como janelas, portas, etc. Já os “*Spaces*” são utilizados por engenheiros com o intuito de, na fase de construção, adicionarem as informações relativas às diversas especializações existentes. Por definição, um espaço representa um objeto tridimensional circunscrito pelas paredes, piso e teto. É necessário ter em conta que se, hipoteticamente, existir uma qualquer alteração na localização destes elementos, qualquer espaço dependente terá que ser atualizado segundo a nova disposição.

Através da ferramenta “*Space*” presente no menu “*Analyse*”, foram definidas as várias divisões presentes nos projetos tendo sempre em conta as respetivas delimitações que lhes estão associadas. Para além de ficar associado automaticamente um nome (“*Name*”) fica também ligado um número e uma etiqueta (“*Number Tag*”) que podem, posteriormente, ser alterados de acordo com o pretendido tal como se pode verificar na Figura 41.

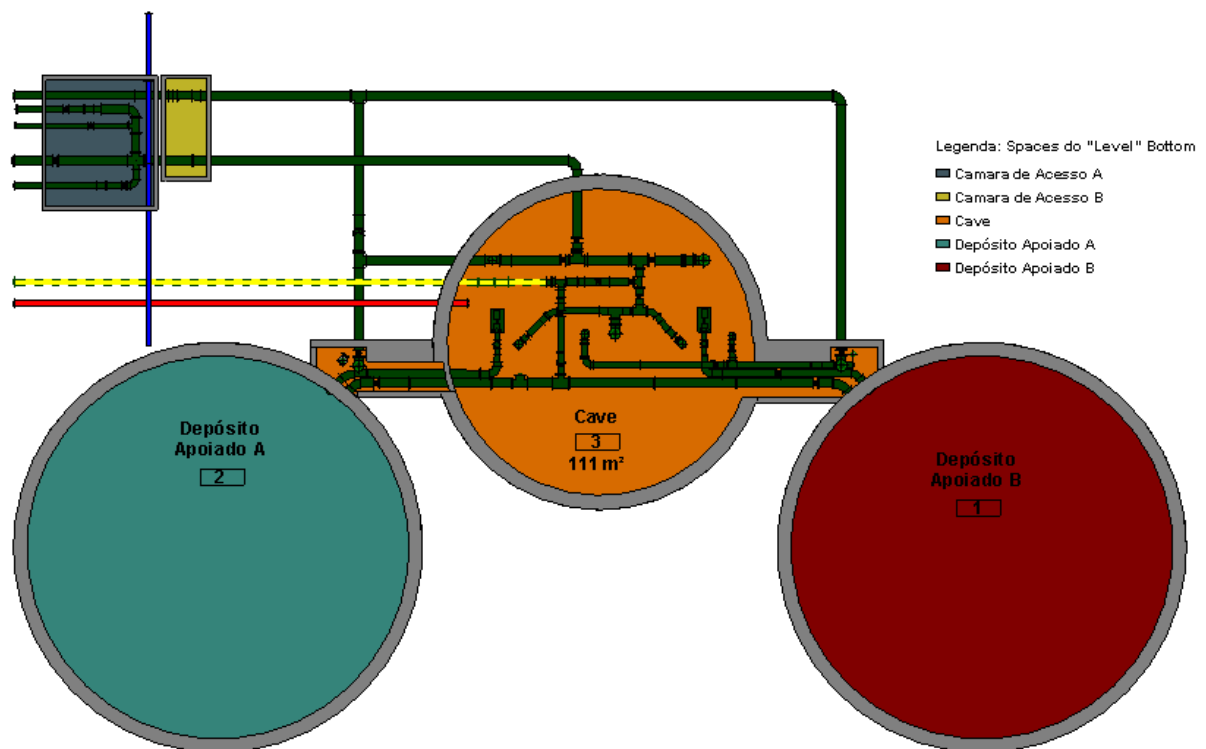


Figura 41 - Planta do esquema de cores consoante os espaços definidos

4.4. Integração Revit-COBie

Como foi descrito no capítulo anterior os ficheiros COBie permitem um processo de recolha de toda a informação do ciclo de vida BIM. Todavia, estes podem ser usados com ou sem o BIM, já que se trata de um formato de transferência de dados internacionalmente reconhecida. A criação de um sistema de troca de informação de edifícios cria e possibilita, consequentemente, que as informações relativas a tarefas de reparação e manutenção sejam eletronicamente comunicadas entre os responsáveis nas intervenções.

Numa primeira perspetiva, o BIM representa um processo integrado que permite aos profissionais a exploração de pontos-chave do projeto, visualizando, simulando e analisando as características físicas e funcionais num modelo digital; no entanto, o BIM oferece um segundo panorama de aplicação, contendo ficheiros tridimensionais que permitem a formulação de uma perspetiva gráfica do projeto, sendo possível acrescentar diferentes tipos de informação aos elementos, para que se tornem mais informativos; é neste ponto que se torna viável a introdução dos COBie como parte integrante dos programas de modelação BIM.

Após o estudo dos requisitos necessários do COBie, procedeu-se à criação dos mesmos, através da extensão COBie 2.4. Isto levou a que para além das informações predefinidas, que cada elemento contém associadas, fossem criados novos parâmetros de dados, próprios e específicos, tal como se indica na Figura 42.

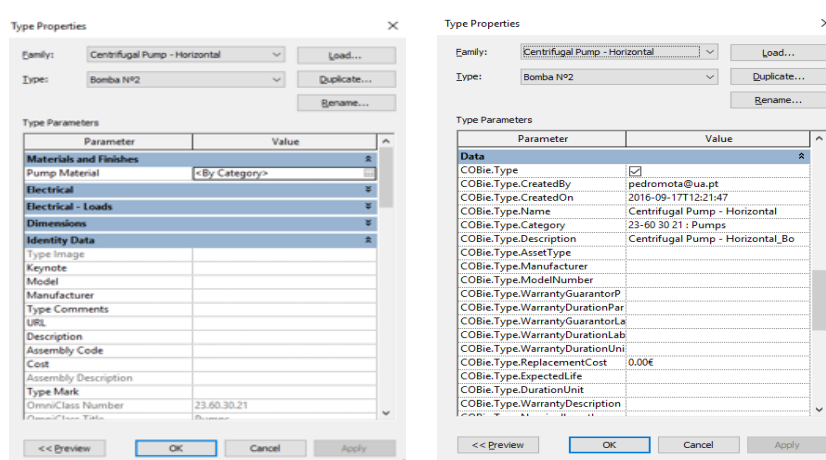


Figura 42 – Exemplo dos parâmetros da base de dados Revit e parâmetros do ficheiro COBie

O processo que implica a exportação das informações presentes num projeto modelado em Revit para ficheiros COBie, pode ser realizado através de folhas de cálculo, ou pela conversão de toda a informação num formato IFC, convertendo-a posteriormente em documentação COBie através de um programa apropriado. Estes processos permitem, por conseguinte, importar os dados COBie para o programa utilizado pela equipa de gestão da infraestrutura.

Nesta fase optou-se pelo processamento da informação através de folhas de cálculo, promovendo a organização dos dados de forma intuitiva e clara, com a opção de, se necessário, proceder ao tratamento das mesmas, tal como será demonstrado nas secções seguintes.

Assim, e terminada a modelação da arquitetura e dos equipamentos existentes, deu-se início à criação do ficheiro COBie com o auxílio do *COBie Extension Add-in*, processo esse que será pormenorizado de seguida.

4.4.1. COBie Extension

Recorreu-se ao *plug-in* disponibilizado pela Autodesk, designado por *COBie Extension*. Esta extensão permite às equipas de projeto a criação e exportação dos ficheiros de dados COBie em simultâneo com o desenvolvimento do modelo Revit. Existe um grande número de recursos na aplicação que se encontra organizada em três menus principais: “*Setup*”, “*Modify*” e “*Export*”, como é indicado na Figura 43.

De seguida serão explicados os passos realizados ao longo de toda a configuração dos diferentes menus.

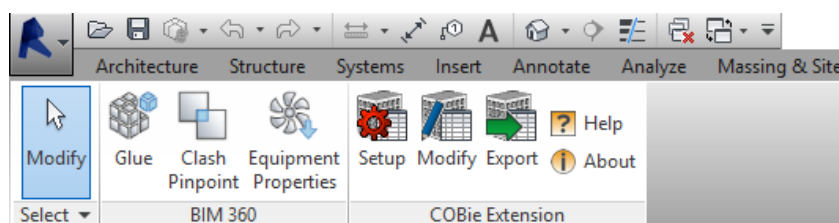


Figura 43 - Plug-in da Autodesk, COBie Extension

4.4.1.1. Configuração do menu Setup

O menu “*Setup*” apresenta duas opções de configuração através da gestão dos contactos (*Contacts*) e das configurações do projeto (*Settings*), tal como esclarece a Figura 44.

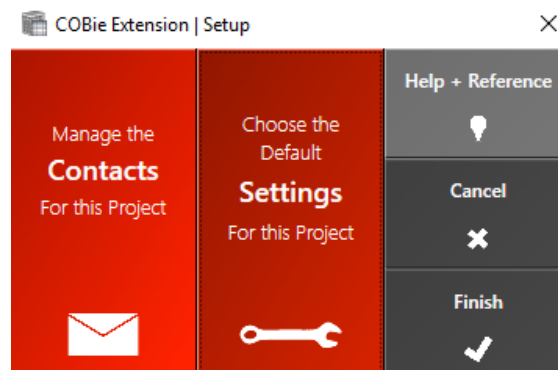


Figura 44 - Separador “*Setup*” do Toolkit

A opção “*Contacts*”, permite a criação, ou importação se for o caso, da informação referente à pessoa responsável pelo projeto, podendo assim ser alienada ao projeto e introduzida na worksheet COBie (*Contact*).

Posteriormente, a opção “*Settings*” permite configurar, planejar e organizar a informação contida no modelo. Como é possível verificar pela Figura 45, dentro do campo “*Settings*” existe uma série de diferentes separadores que, por sua vez, se subdividem em diferentes características, para uma configuração mais pormenorizada. De seguida serão mencionadas e dissecadas as opções feitas em cada um dos separadores.

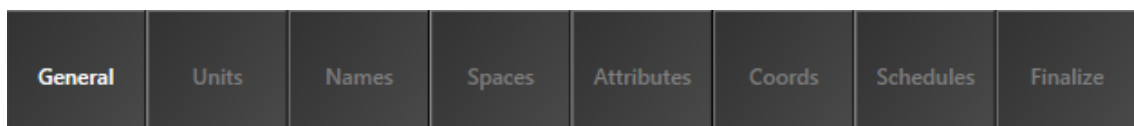


Figura 45 - Separadores do Menu “*Setup*”

O separador “*General*” divide-se em quatro campos: “*Locality*”, que permite escolher o tipo de *template* desejado, consoante a respetiva categoria em que se baseia. Neste ponto optou-se por seleccionar a opção “*US*” já que se baseia na categoria *OmniClass*; “*Identifier*” que permite escolher entre duas formas de identificação: o “*Revit Element ID*” e o *Globally Unique Identifier* “*GUID*”. A escolha recaiu sobre o “*Revit Element*

ID”, significando por isso que cada elemento COBie no modelo usará o seu “Revit *Element ID*” como o seu valor “COBie *ExternalIdentifier*”; “*Type Category*” atua em função do tipo de sistema de classificação a prevalecer no projeto, estabelecendo ao mesmo tempo, neste caso, uma lista de prioridades entre os sistemas: *OmniClass*, *Keynote* e *UniFormat*; “*Type Description*”, em que foi selecionada a opção “*Family_Type*”, promovendo a conexão entre o nome da família do elemento e o nome do “*Type*” dentro dessa família (com um sublinhado entre os mesmos) definindo-os como o seu “COBie *Description Value*”.

O separador seguinte, “*Units*” assenta na definição das unidades a serem utilizadas na exportação para a folha de cálculo do COBie. Neste ponto selecionou-se os sistemas de unidades já estabelecidos aquando da criação do modelo no Revit.

O separador “*Names*” promove a definição das características da folha de cálculo, como por exemplo, o primeiro campo, “*Name*”, permitiu definir os COBie.Name para os diferentes tipos de famílias presentes no modelo.

“*Spaces*” é o separador que se segue, permitindo estabelecer uma correspondência entre os elementos e a sua respetiva localização espacial. Esta correspondência é realizada através de uma lista dos elementos existentes no modelo Revit, sendo possível assinalá-los como localizados em “*Rooms*” ou “*Spaces*”. Assim, e tendo em conta o exposto no ponto 4.2.3 foram assinalados todos os MEP com “*Spaces*” e os restantes como precedentes de “*Rooms*”.

O separador “*Attributes*” oferece a possibilidade de assinalar outros parâmetros Revit para exportar para a folha de trabalho COBie, com a designação “*Attributes*”.

O separador “*Coords*” especifica o tipo da informação usada aquando da documentação das coordenadas dos itens na folha de cálculo. Neste ponto optou-se pela seleção da opção “*Boundig Box*” para “*Component Families*”, “*Floors*”, “*Rooms*” e “*Spaces*”.

Por último, o separador “*Schedules*” elege o tipo de inventário a criar no modelo Revit para ajudar na edição individual dos campos COBie.

4.4.1.2. Configuração do Menu “Modify” e “Export”

Finalizada a tarefa de configuração do COBie, dá-se início à segunda etapa do processo que corresponde à ativação do menu “Modify”. Este menu permite que os dados COBie aplicados aos elementos sejam editados em qualquer altura. Composto de forma semelhante ao menu “Setup”, o menu “Modify” divide-se em três comandos principais, tal como se indica na Figura 46.

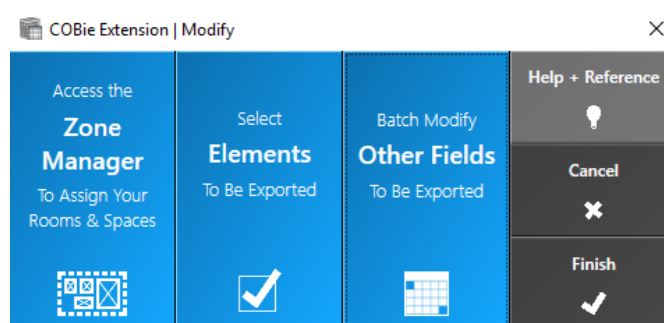


Figura 46 - Menu “Modify”, COBie Extension

De seguida serão explicados os diferentes comandos. O comando “Zone Manager” permite designar e gerar zonas onde são aglutinados tanto os “Rooms” como os “Spaces” criados no modelo, tal como mostra a Figura 47; o “Elements”, possibilita particularizar efetivamente quais os elementos que são necessários exportar para as folhas COBie. Este passo é importante para impedir uma sobrecarga no tamanho dos COBie, devido a elementos dispensáveis para a manutenção e operação da instalação; “Other Fields”, possibilita a seleção de parâmetros COBie que se pretende que o Revit atualize.

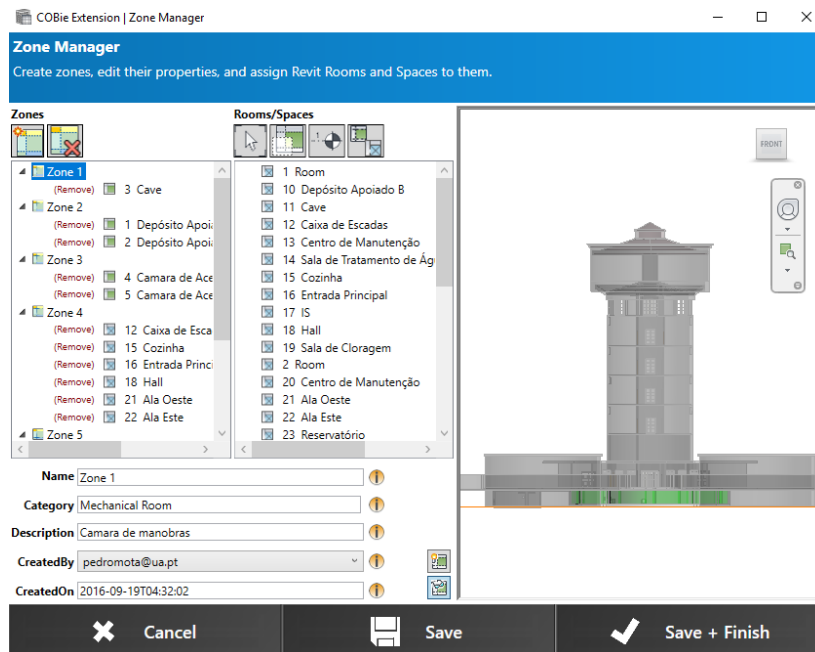


Figura 47 – Interface do “Zone Manager” e o agrupamento de espaços por zonas

Por último, através do menu “Export”, o COBie Extension oferece a possibilidade de seleccionar qual das folhas de trabalho existentes se pretende exportar para as folhas de cálculo COBie. Ao exportar as folhas de trabalho (“Contact”, “Facility”, “Floor”, “Space”, “Zone”, “Type”, “Component”, “System”, “Attribute” e “Coordinate”) estas são automaticamente preenchidas a partir de um ficheiro Excel.

4.4.2. Folha de Cálculo COBie

Concluído o processo de exportação da informação do ciclo de vida do projeto, esta é introduzida na folha de cálculo COBie e estruturada segundo folhas de trabalho com uma organização específica. A Figura 48 apresenta um exemplo de uma folha de cálculo COBie em que é visível a organização das colunas segundo um esquema de cores previamente definido. Este esquema de cores apresenta correspondência com a necessidade de preenchimento das respetivas colunas, consoante o especificado ou não no contrato, como representado na Figura 49.

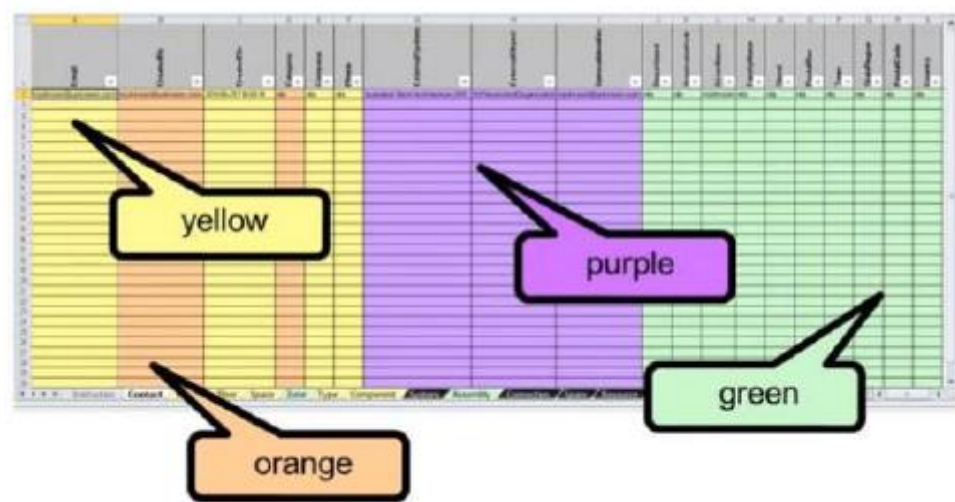


Figura 48 - Esquema de cores da folha de cálculo COBie

Text	Required
Text	Reference to other sheet or pick list
Text	External reference
Text	If specified as required

Figura 49 – Correspondência do esquema de cores, retirado da folha de cálculo COBie

A criação da folha de cálculo implica a consequente criação de 17 separadores que correspondem às já referidas “*worksheet*” (folhas de trabalho) que por sua vez se organizam segundo as fases de projeto referidas no capítulo 3.2.5. Esta distinção é possível de verificar logo no primeiro separador “*Instruction*” representado na Figura 50, que, para além disso, apresenta informações referentes às versões do ficheiro COBie e à versão do ficheiro IFC. É importante frisar que o processo de criação das folhas de cálculo foi realizado de forma análoga para os dois reservatórios. Porém, devido à menor dimensão do reservatório A, optou-se por apresentar, daqui em diante, apenas as folhas de cálculo e respetivas folhas de trabalho correspondentes ao Reservatório B. Assim, as folhas de trabalho obtidas encontram-se nas Figuras 51-58, todavia, devido à inexistência de informação acerca de “recursos” e “trabalho”, entre outros, não serão introduzidas as folhas de cálculo correspondentes.

	A	B	C
1	Title	COBie	
2	Version	2	
3	Release	4	
4	Status	IFC2x3	
5	Region	en-US	
6	Purpose		This COBie spreadsheet is an example file that comes with the COBie Extension 1.0
7	Outline		Individual worksheets are organized by project phase as shown below
8			
9	All Phases	Sheet	Contents
10		Contact	People and Companies
11			
12	Early Design Worksheets	Sheet	Contents
13		Facility	Project, Site, and Facility
14		Floor	Vertical levels and exterior areas
15		Space	Spaces
16		Zone	Sets of spaces sharing a specific attribute
17		Type	Types of equipment, products, and materials
18			
19	Detailed Design Worksheets	Sheet	Contents
20		Component	Individually named or schedule items
21		System	Sets of components providing a service
22		Assembly	Constituents for Types, Components and others
23		Connection	Logical connections between components
24		Impact	Economic, Environmental and Social Impacts at various stages in the life cycle
25			
26	Construction Worksheets	Sheet	Contents
27			NOTE: Submittals and approvals added on 'Documents' worksheet
28			NOTE: Manufacturer and model added on 'Type' worksheet
29			NOTE: Serial and tag added on 'Component' worksheet
30			
31	Operations and Maintenance Worksheets	Sheet	Contents
32		Spare	Onsite and replacement parts
33		Resource	Required materials, tools, and training
34		Job	PM, Safety, and other job plans
35			NOTE: Warranty information added on 'Type' worksheet
36			
37	All Phases	Sheet	Contents
38		Document	All applicable document references
39		Attribute	Properties of referenced item
40		Coordinate	Spatial locations in box, line, or point format
41		Issue	Other issues remaining at handover.
42			

Figura 50 - Separador *Instruction*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Email	CreatedBy	CreatedOn	Category	Company	Phone	ExtSystem	Object	Identifier	Department	OrganizationCode	GivenName	FamilyName
2	pedromota@ua.pt	pedromota@ua.pt	2016-09-02T12:21:14	N/A	Universidade de Aveiro	00351918711742	Autodesk	ItcP	0537	Departamento de Engenharia Civil	n/a	Pedro	Silva
3													
4													

Figura 51 – Folha de cálculo referente aos contactos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ProjectName	SiteName	LinearUnits	AreaUnits	VolumeUnits	CurrencyUnit	AreaMeasurement	ExternalSystem
1												
2	Reservatório da Cidade de Aveiro	pedromota@ua.pt	2016-09-17T12:21:46	Pump System	Nome do p	n/a	Meters	Square Meters	Cubic Meters	Euro	Revit Defau	Autodesk
3												
4												

Figura 52 – Folha de cálculo referente à instalação

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description	Elevation	Height
1										
2	Bottom	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	311658	n/a	-2,18	n/a
4	Cave	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	717036	n/a	-1,75	n/a
5	Site	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	311	n/a	0,00	n/a
7	R/c	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	717944	n/a	0,30	n/a
9	1º Piso	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	332153	n/a	3,75	n/a
10	2º Piso	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	326299	n/a	7,32	n/a
11	3º Piso	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	326719	n/a	11,17	n/a
12	4º Piso	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	326962	n/a	15,02	n/a
14	5º Piso	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	327109	n/a	18,87	n/a
16	6º Piso	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	311881	n/a	22,72	n/a
17	Depósito Principal	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	719348	n/a	25,87	n/a
18	Lajeta de Acesso ao Depósito	pedromota	2016-09-27T07:07:46	Floor	Autodesk Revit	Autodesk Revit.	471432	n/a	31,31	n/a
19										

Figura 53 – Folha de cálculo referente aos Pisos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	FloorName	Description	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	RoomTag	UsableHeight	GrossArea	NetArea
1													
2	Camara de Acesso A_MEP	pedromota	2016-09-21	n/a	Bottom	n/a	Autodesk	Autodesk.	775119	n/a	n/a	18,17	18,17
3	Camara de Acesso B_MEP	pedromota	2016-09-21	n/a	Bottom	n/a	Autodesk	Autodesk.	775127	n/a	n/a	5,4	5,4
4	Cave_MEP	pedromota	2016-09-21	n/a	Cave	n/a	Autodesk	Autodesk.	775110	n/a	n/a	110,7262	110,7262
5	Depósito Apoiado A_MEP	pedromota	2016-09-21	n/a	Cave	n/a	Autodesk	Autodesk.	775041	n/a	n/a	153,938	153,938
6	Depósito Apoiado B_MEP	pedromota	2016-09-21	n/a	Cave	n/a	Autodesk	Autodesk.	775034	n/a	n/a	153,938	153,938
7	Reservatório Elevado_MEP	pedromota	2016-09-21	n/a	Depósito Principal	n/a	Autodesk	Autodesk.	775612	n/a	n/a	153,5181	153,5181
8	Sala de Apoio ao Apoiado A_MEP	pedromota	2016-09-21	n/a	R/c	n/a	Autodesk	Autodesk.	775595	n/a	n/a	12,797	12,797
9	Sala de Controlo à Cloragem_MEP	pedromota	2016-09-21	n/a	R/c	n/a	Autodesk	Autodesk.	775603	n/a	n/a	14,2957	14,2957
10	Sala de Controlo MEP	pedromota	2016-09-21	n/a	R/c	n/a	Autodesk	Autodesk.	775141	n/a	n/a	42,3547	42,3547
11													

Figura 54 – Folha de cálculo referente aos espaços

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	SpaceNames	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description
1	Zone 1	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Mechanical Room	Cave MEP	Autodesk	RDES	1692232	Camara de manobras
2	Zone 2	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Reservatórios Apoiados	Depósito Apoiado B MEP	Autodesk	RDES	1628868	n/a
3	Zone 2	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Reservatórios Apoiados	Depósito Apoiado A MEP	Autodesk	RDES	1628868	n/a
4	Zone 3	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Mechanical Room	Camara de Acesso A MEP	Autodesk	RDES	1993491	Câmaras de Manobra
5	Zone 3	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Mechanical Room	Camara de Acesso B MEP	Autodesk	RDES	1993491	Câmaras de Manobra
6	Zone 4	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Support Rooms	Cozinha Arch	Autodesk	RDES	11fd52e	Divisões de Apoio
7	Zone 4	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Support Rooms	Entrada Principal Arch	Autodesk	RDES	11fd52e	Divisões de Apoio
8	Zone 4	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Support Rooms	Hall Arch	Autodesk	RDES	11fd52e	Divisões de Apoio
9	Zone 4	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Support Rooms	Ala Oeste Arch	Autodesk	RDES	11fd52e	Divisões de Apoio
10	Zone 4	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Support Rooms	Ala Este Arch	Autodesk	RDES	11fd52e	Divisões de Apoio
11	Zone 4	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Support Rooms	Caixa de Escadas Arch	Autodesk	RDES	11fd52e	Divisões de Apoio
12	Zone 5	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Anexos	Posto de Transformação de Energia Eléctrica Arch	Autodesk	RDES	1442b37	Apoio Técnico à infraestrutura
13	Zone 5	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:04	Anexos	Armazém de Botija de Cloro MEP	Autodesk	RDES	1442b37	Apoio Técnico à infraestrutura
14	Zone 6	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:37:13	Support Room	Sala de Controlo à Cloragem MEP	Autodesk	RDES	1477130	Controlo de qualidade
15	Zone 6	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:37:13	Support Room	Sala de Apoio ao Apoiado A MEP	Autodesk	RDES	1477130	Controlo de qualidade
16	Zone 7	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:38:39	Reservatório	Reservatório Elevado MEP	Autodesk	RDES	17dea49	Reservatório Elevado
17	Zone 8	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:39:59	Operation Room	Sala de Controlo MEP	Autodesk	RDES	15cd524	Controlo de Operações
18									
19									
	Instruction	Contact	Facility	Floor	Space	Zone	Type	Component	System
								Assembly	Connection
								Spare	Re ...

Figura 55 – Folha de cálculo referente às zonas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	SpaceNames	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description
1	Bomba de elevação Nº 1	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Pumps	Grupo Electrobomba Bomba Nº 1	n/a	SIH-HALBER	N07A-15040	n/a
2	Bomba de elevação Nº 2	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Pumps	Grupo Electrobomba Bomba Nº 2	n/a	SIH-HALBER	N07A-15040	n/a
3	Bomba dosadora de HIPOCLORITO SÓDIO	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Pumps	Bomba dosadora de Hidróxido de Sódio	n/a	GRUNDFOS	ODC 15-4 AP-PVCEIC-F-31002F	n/a
4	M. Escada da gaiola	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Ladders	M. Escada da gaiola - Escada com gaiola	n/a	n/a	n/a	n/a
5	M. Escada de mão	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Ladders	M. Escada de mão - Escada # Protecção	n/a	n/a	n/a	n/a
6	M. Escada de mão	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Ladders	M. Escada de mão - Escada # Protecção	n/a	n/a	n/a	n/a
7	Medidor de Caudal ARADAS	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Flowmeter	Medidor de Caudal - Zona: Aradas	n/a	KHROINE	IFC 010 D	n/a
8	Medidor de Caudal BAIXA	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Flowmeter	Medidor de Caudal - Zona: Baixa	n/a	KHROINE	IFC 010 D	n/a
9	Medidor de Caudal ELEVACAO	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Flowmeter	Medidor de Caudal - Zona: Elevação	n/a	KHROINE	IFC 010 D	n/a
10	Medidor de Caudal JK12	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Flowmeter	Medidor de Caudal - Zona: JK12	n/a	KHROINE	IFC 010 D	n/a
11	Medidor de Caudal NORTE	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Flowmeter	Medidor de Caudal - Zona: Alta Norte	n/a	KHROINE	IFC 010 D	n/a
12	Medidor de Caudal SUL	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Flowmeter	Medidor de Caudal - Zona: Alta Sul	n/a	KHROINE	IFC 010 D	n/a
13	Medidor de Caudal TRATAMENTO	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Flowmeter	Medidor de Caudal - Zona: Caudal Tratamento	n/a	KHROINE	IFC 010 D	n/a
14	Medidor de Caudal VALE DE ILHAVO	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Flowmeter	Medidor de Caudal - Zona: Vale de Ilhavo	n/a	KHROINE	IFC 010 D	n/a
15	Medidor de Cloro	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	n/a	Análise de cloro por fotometria	n/a	HACH	CL17	n/a
16	Medidor de nível de Reservatório A	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	n/a	Medidor do nível do reservatório Apoiado A	n/a	PROSONIC	FM1880-RIA1A1	n/a
17	Medidor de nível de Reservatório B	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	n/a	Medidor do nível do reservatório Apoiado B	n/a	PROSONIC	FM1880-RIA1A1	n/a
18	Medidor de nível de Reservatório ELEVADO	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	n/a	Medidor do nível do reservatório Elevado	n/a	PROSONIC	FM1880-RIA1A1	n/a
19	Medidor de PH	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	n/a	Medidor de PH diferencial	n/a	HACH	LG4000-S9-2B521	n/a
20	Quadro de Controlo dos Reservatórios	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Circuit Breakers	Controlo dos níveis dos reservatórios	n/a	n/a	n/a	n/a
21	Quadro de Energia dos Equipamentos	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Distribution Boards and Control Panels	Circuit Breaker Switchboard	n/a	n/a	n/a	n/a
22	Reservatório de Hidróxido de Sódio	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Reservatório	Reservatório de Hidróxido de Sódio com ligação ao depósito eletrolítico	n/a	n/a	n/a	n/a
23	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
24	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
25	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
26	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
27	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
28	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
29	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
30	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
31	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
32	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
33	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
34	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
35	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
36	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
37	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
38	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
39	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
40	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
41	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-19T04:32:02	Adjusting/Controlling Valves for Liquid Ser	Valvula de seccionamento	n/a	n/a	n/a	n/a
	Instruction	Contact	Facility	Floor	Space	Zone	Type	Component	System
								Assembly	Connection
								Spare	Re ...

Figura 56 – Folha de cálculo referente aos tipos de componentes

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Type Name	Space	Description	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier
18	M. Escada da qaiola	pedromota@ua.pt	2016-09-	M. Escada da qaiola	Acesso ao Reservatório_Arch	n/a	Autodesk	Autodesk	515095
19	M. Escada de mão	pedromota@ua.pt	2016-09-	M. Escada de mão	Acesso ao Reservatório_Arch	n/a	Autodesk	Autodesk	520519
20	Medidor de nível de Reservatório A	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de nível de Reservatório A	Ala Oeste_Arch	n/a	Autodesk	Autodesk	785381
21	Medidor de nível de Reservatório ELEV	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de nível de Reservatório ELEVADO	Ala Oeste_Arch	n/a	Autodesk	Autodesk	785384
22	Reservatório de Hidróxido de Sódio	pedromota@ua.pt	2016-09-	Reservatório de Hidróxido de Sódio	Arrumos_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	732102
23	M. Escada de mão	pedromota@ua.pt	2016-09-	M. Escada de mão	Caixa de Escadas_Arch	n/a	Autodesk	Autodesk	503962
24	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada	Camara de Acesso A_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	487138
25	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada	Camara de Acesso A_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	487622
26	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada	Camara de Acesso A_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	488021
27	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada	Camara de Acesso A_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	488232
28	Bomba de elevação N° 1	pedromota@ua.pt	2016-09-	Bomba de elevação N° 1	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	627923
29	Bomba de elevação N° 2	pedromota@ua.pt	2016-09-	Bomba de elevação N° 2	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	661755
30	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valve-Gate-Nibco-Class_125-F-617-Q	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	441675
31	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	493315
32	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	499831
33	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	500345
34	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	502732
35	Valvula motorizada	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	502814
36	Valvula motorizada AUMA - D	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada AUMA - D	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	430218
37	Valvula motorizada AUMA - H	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada AUMA - H	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	433689
38	Valvula motorizada L. BERNARD - A	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada L. BERNARD - A	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	781385
39	Valvula motorizada L. BERNARD - B	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada L. BERNARD - B	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	782114
40	Valvula motorizada L. BERNARD - C	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada L. BERNARD - C	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	782549
41	Valvula motorizada L. BERNARD - F	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada L. BERNARD - F	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	430802
42	Valvula motorizada L. BERNARD - G	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada L. BERNARD - G	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	430417
43	Valvula motorizada L. BERNARD E	pedromota@ua.pt	2016-09-	Valvula motorizada L. BERNARD - E	Cave_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	430546
44	Bomba doseadora HIDROXIDO SODIO	pedromota@ua.pt	2016-09-	Bomba doseadora HIDROXIDO SODIO	Sala de Apoio ao Apoiado A_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	789142
45	Reservatório de Hidróxido de Sódio	pedromota@ua.pt	2016-09-	Reservatório de Hidróxido de Sódio	Sala de Apoio ao Apoiado A_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	788749
46	Medidor de Cloro	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de Cloro	Sala de Controlo à Cloragem_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	785667
47	Medidor de PH	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de PH	Sala de Controlo à Cloragem_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	785622
48	Quadro de Controlo dos Reservatórios	pedromota@ua.pt	2016-09-	Quadro de Controlo dos Reservatórios	Sala de Controlo à Cloragem_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	788319
49	Medidor de Caudal ARADAS	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de Caudal ARADAS	Sala de Controlo_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	785392
50	Medidor de Caudal BAIXA	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de Caudal BAIXA	Sala de Controlo_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	785394
51	Medidor de Caudal ELEVACAO	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de Caudal ELEVACAO	Sala de Controlo_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	785407
52	Medidor de Caudal JK12	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de Caudal JK12	Sala de Controlo_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	785403
53	Medidor de Caudal NORTE	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de Caudal NORTE	Sala de Controlo_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	785398
54	Medidor de Caudal SUL	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de Caudal SUL	Sala de Controlo_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	785396
55	Medidor de Caudal TRATAMENTO	pedromota@ua.pt	2016-09-	Medidor de Caudal TRATAM.	Sala de Controlo_MEP	n/a	Autodesk	Autodesk	785405
<div> Instruction Contact Facility Floor Space Zone Type Component System Assembly Connection </div>									

Figura 57 – Folha de cálculo referente aos componentes

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ComponentNames	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description
8	Fornecimento hidrónico 2_354110	pedromota@ua.pt	2016-09-17T12:21:46	n/a	194	Autodesk	Autodesk	354110	n/a
<div> Instruction Contact Facility Floor Space Zone Type Component System Assembly Connection </div>									

Figura 58 - Folha de cálculo referente aos sistemas

4.5. Síntese

Recapitulando muito sucintamente, até ao momento, foram ultrapassadas as etapas descritas na Figura 59.

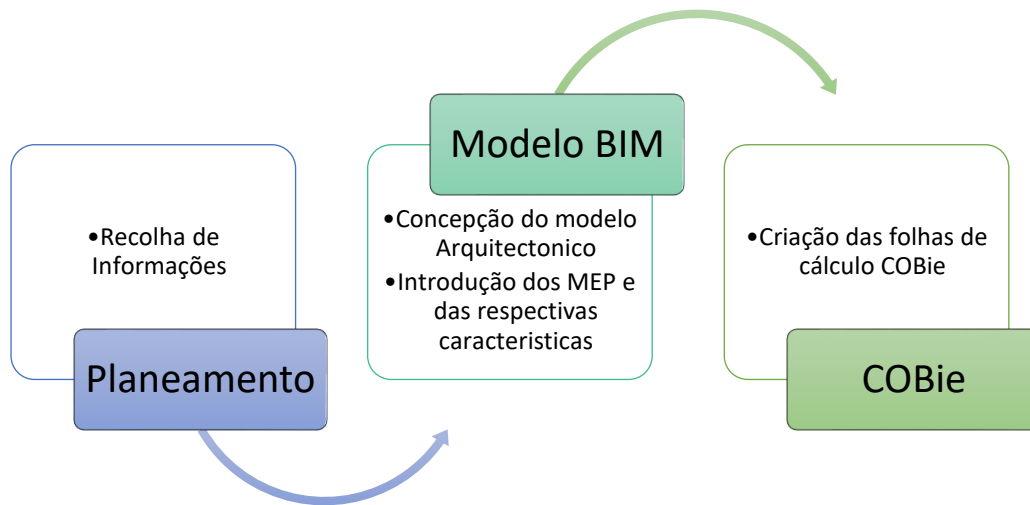


Figura 59 - Esquema representativo das etapas realizadas

Finalizado todo o processo descrito, surgiu a oportunidade de revisitar o edifício (Reservatório B) desta vez com a orientação do engenheiro da AdRA, responsável pela manutenção. Obtiveram-se assim novas informações a inserir nos elementos desenvolvidos. Além disto, verificou-se que as folhas de cálculo COBie obtidas possuíam diversas folhas de trabalho que não foram alvo de um preenchimento automático por parte da aplicação do COBie *Extension*. Entre elas estão: “*Assembly*”, “*Connection*”, “*Spare*”, “*Resource*”, “*Job*”, “*Impact*”, “*Document*”, “*Issue*” e “*Picklistes*”, pelo que o seu preenchimento teria quer ser feito manualmente. Isto levou a considerar o estudo de soluções que possibilitassem atualização da informação que constava nas folhas de cálculo COBie e, conseqüentemente, no modelo. Do ponto de vista do utilizador existe uma familiaridade e, portanto, maior facilidade na interação com o Excel, logo, o cenário ideal passaria pelo uso de um programa informático que permitisse a manipulação da informação diretamente numa interface Excel, estabelecendo uma atualização automática e interativa com o modelo Revit 3D. Um dos programas informáticos que permite esta interação é o Dynamo, que promove uma forma inteligente de manipulação de dados entre o Revit e o Excel.

4.6. Dynamo

O *software* *Dynamo* é uma plataforma de código aberto, criada para projeto e construção de modelos computacionais de informações (BIM). Através de uma interface visual amigável, o *Dynamo* permite construir rotinas lógicas para facilitar e automatizar fluxos de trabalho, encontrando as melhores soluções, filtrando opções de projeto. Originalmente criado especificamente com o intuito de agilizar os fluxos de trabalho AEC no Revit, o *Dynamo* atravessou um processo evolutivo tornando-se essencialmente numa plataforma que permite a exploração visual e o estabelecimento de relações visuais, sistémicas, ou geométricas para que seja criado um fluxo de trabalho (Dynamo 2016).

A criação de um fluxo de trabalho deste tipo é similar a um algoritmo, ou seja, baseia-se na criação de “*guidelines*” que permitem definir um conjunto de ações que seguem uma lógica de entrada, processamento e saída. Apesar de nunca se ter contactado com o *software*, foi estabelecido um fluxo de trabalho que será descrito de seguida. Releva-se o facto deste processo se encontrar orientado para os gestores das infraestruturas, para que, a partir da alteração de dados das suas folhas de cálculo COBie, possam promover automaticamente a atualização da base de dados inserida no modelo 3D. Através do *download* da extensão *Dynamo* 1.2 (Figura 60), foi iniciado o processo de criação do fluxograma.

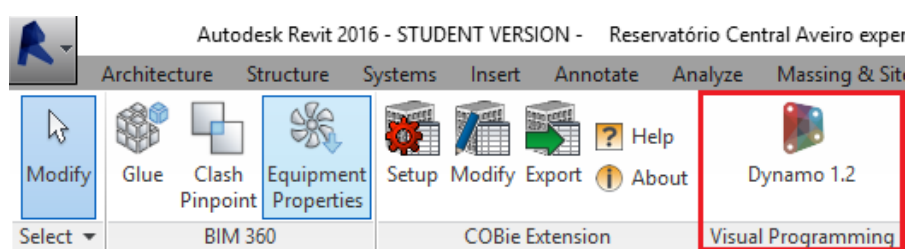


Figura 60 - Add-in correspondente ao Dynamo 1.2

Na Figura 61 é possível visualizar a interface *Dynamo* com algumas das mais importantes seleções a ter em conta para o usuário:

- A. “*Pulldown Menu*”, possibilita o uso dos comandos mais básicos como “*Open file*” ou “*Save as*”, podendo também ser utilizado para a criação de novos “nodes”.

- B. “*Search Bar*”, auxilia a procura de “*nodes*” específicos.
- C. “*Node Library*”, permite a escolha de “*nodes*” adicionando-os ao “*workspace*”.
- D. “*Workspace*”, representa o ambiente em que são criados os programas de visualização do Dynamo.
- E. “*Execution Bar*”, que admite ao utilizador promover a execução do “*workspace*” e do respetivo “*workflow*”.

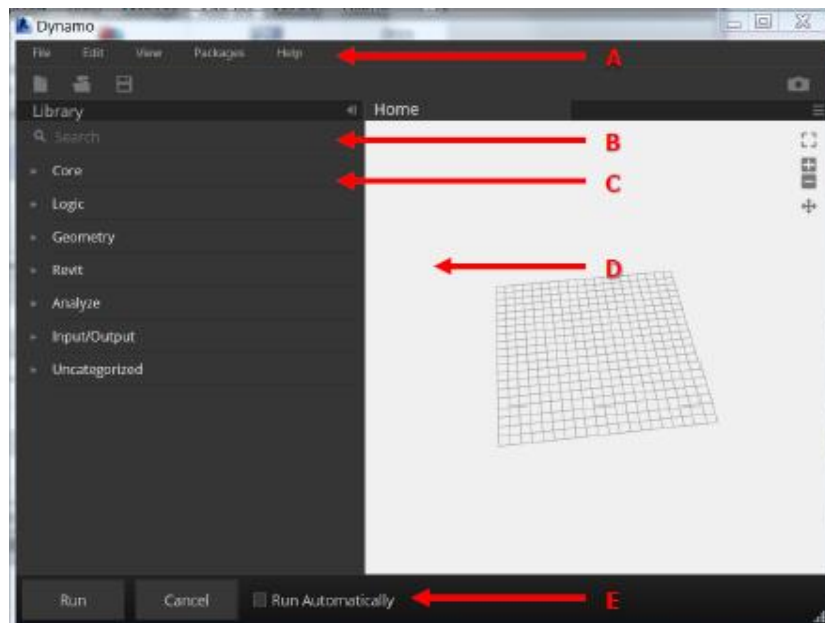


Figura 61 - Interface do Dynamo

Ao iniciar o *software* o utilizador é apresentado com um “*workplace*” em branco onde, através da colocação de “*Nodes*” (objetos que podem representar “*Revit Elements*” ou mesmo funções matemáticas, que apresentam “*inputs*” e “*outputs*”) e da conexão entre eles através de “*wires*”, possibilitam a criação de um “*programflow*”, tal como exemplifica a Figura 62. Na prática, este processo foi testado apenas para a folha de trabalho “*Type*”.

Para se dar início ao processo é necessário recordar a organização universal estipulada para as folhas de cálculo COBie, em que cada linha corresponde um equipamento, e cada coluna a um parâmetro COBie. Este tipo de organização é de ter em

conta numa interface *Dynamo* e com base nisso, procedeu-se ao tratamento dos dados da folha de trabalho. A partir dos nodes especificados na Figura 61, foram executados os seguintes passos:

- Criação do “*File Patch*” a que corresponde o ficheiro COBie;
- Seleção da folha de trabalho “*Type*” organizando-a segundo listas;
- Alteração da organização das listas, fazendo corresponder cada lista um tipo de parâmetro COBie (coluna da folha de trabalho);
- Individualização de cada lista, promovendo a criação da listagem dos tipos de parâmetros COBie de todos os equipamentos;
- Seleção dos elementos das listas criadas (parâmetros COBie) consoante o equipamento desejado;
- Criação de um node, particularizando a família do equipamento desejado e o parâmetro;
- Conexão do “*output*” (“*item*”) da informação anteriormente selecionada com o “*input*” (“*value*”) do parâmetro individualizado.

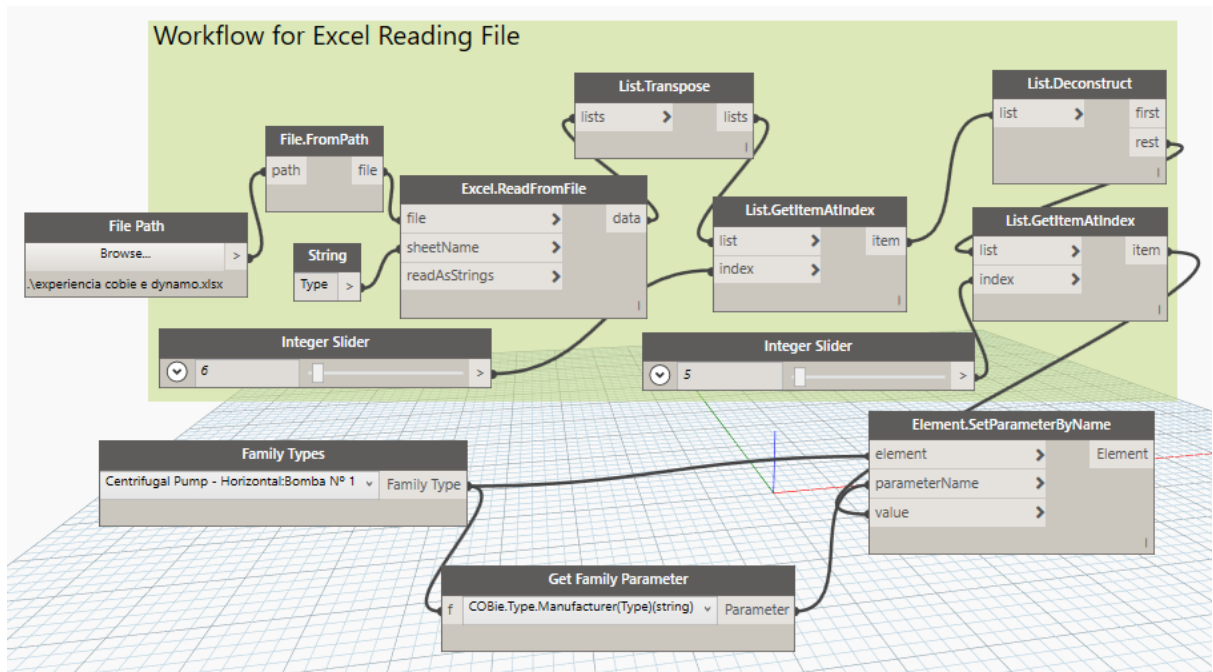


Figura 62 - “Workflow” criado para atualização dos dados do “COBie.Type.Manufacturer” correspondente à Bomba nº1

Apesar de apenas se referir o “COBie.Type.Manufacturer”, este processo foi replicado para os seguintes parâmetros da Bomba nº 1:

- “COBie.Type.Name”.
- “COBie.Type.Category”.
- “COBie.Type.ModelNumber”.
- “COBie.Type.AssetType”.
- “COBie.CreatedOn”.
- “COBie.Type.ModelReference”.
- “COBie.Type.Description”.

Este processo foi igualmente replicado para 25 famílias (25 equipamentos) que, por sua vez se desdobram em 8 “Type.Paramenters”. Como é sabido as folhas de cálculo possuem mais parâmetros mas, tendo em conta que, como referido anteriormente, a informação a que se teve acesso é tão reduzida, que no caso em estudo optou-se por apenas particularizar os descritos, para demonstrar todo o processo. É importante referir que,

caso venha a ser necessária a utilização dos restantes parâmetros, o processo descrito seria replicável para todos os elementos.

A utilização desta ferramenta acaba por facilitar o processo de atualização de informação numa metodologia de gestão de ativos de uma infraestrutura assente em BIM. É necessário referir que nos casos onde não é estabelecido este género de ligação interativa “Revit-COBie”, a alteração dos dados tem que ser realizada no modelo 3D, sendo necessário proceder a uma nova exportação através do *Add-on COBie Extension*. É possível verificar, que apesar de ser um processo moroso e propenso a erros devido aos inúmeros campos que existem na folha de calculo COBie, permite a intervenientes que não estejam familiarizados com o Revit, uma alternativa sólida para atuar em situações nas quais seja necessária a introdução ou reformulação de informação a introduzir no modelo Revit 3D. É importante referir a obrigatoriedade das três interfaces envolvidas permanecerem abertas no ambiente de trabalho, para que se proceda à atualização dos dados. Logo, alterada a informação na folha de cálculo COBie, é essencial que posteriormente se ative o comando “Run” na interface do *Dynamo*, e só assim o modelo é atualizado.

4.7. Autodesk 360

A *Autodesk A360* é uma plataforma que permite o acesso a uma ampla gama de serviços na “nuvem”, desde edições básicas de dados de engenharia, até renderizações de grande impacto. Esta plataforma otimiza a maneira de trabalhar com uma capacidade de processamento infinito e virtual promovendo o controlo dos dados de um projeto de engenharia numa forma mais eficaz, quando comparado com outras ferramentas de armazenamento na nuvem. A A360 permite aos seus utilizadores, ou seja aos intervenientes do projeto, aceder, visualizar, editar, partilhar e comentar todos os ficheiros submetidos na plataforma.

Para uma melhor análise do contributo que esta ferramenta acrescenta para o FM, foram introduzidos os projetos em estudo na plataforma *Autodesk A360*. As Figuras 63, 64 e 65 apresentam os resultados obtidos.

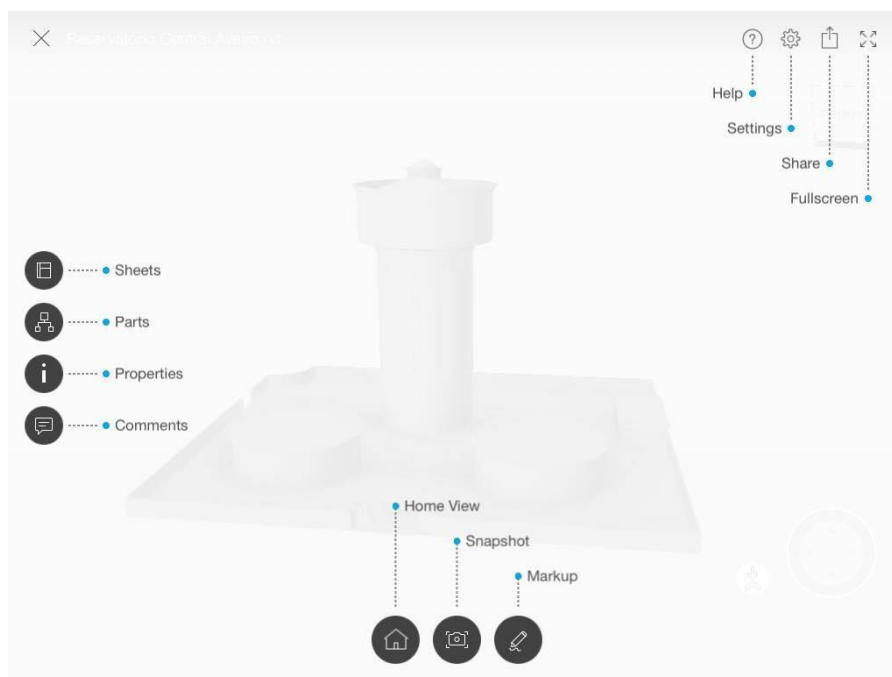


Figura 63 - Interface A360

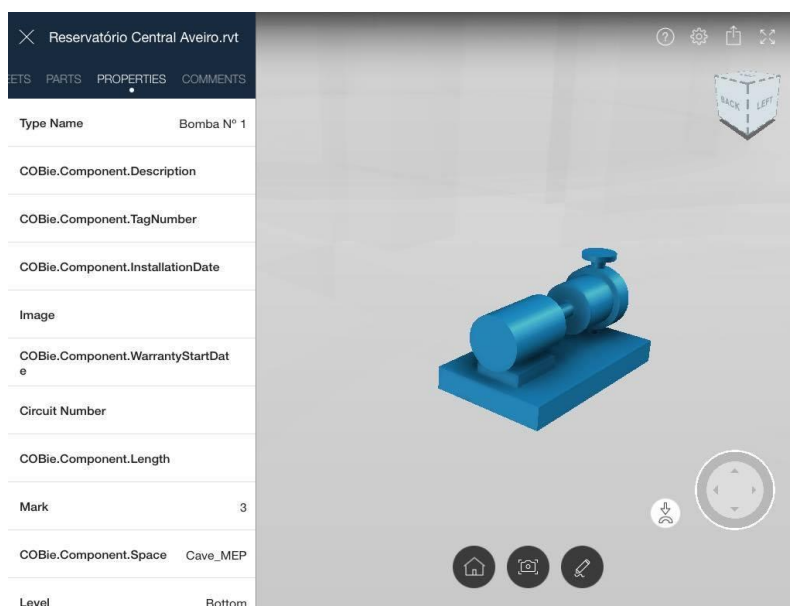


Figura 64 - Propriedades da Bomba nº 1 disponíveis num dispositivo móvel

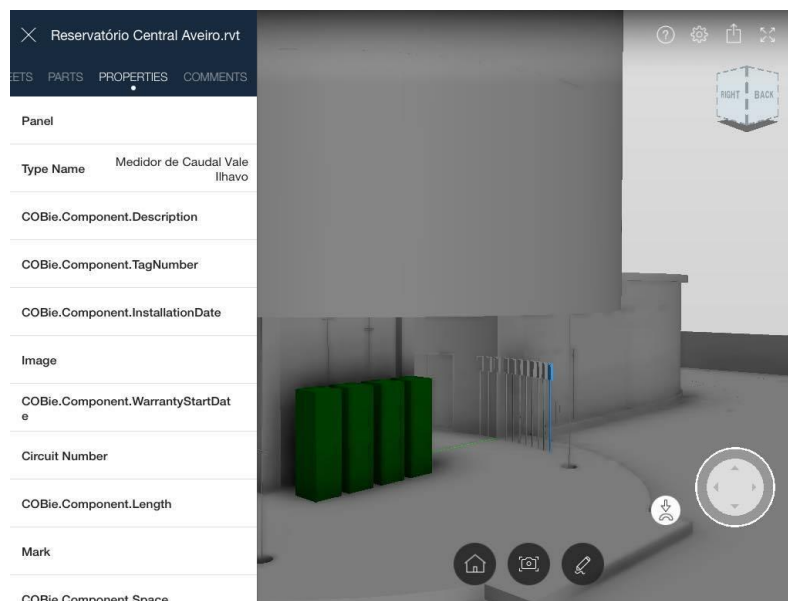


Figura 65 - Propriedades de um dos medidores de caudal no dispositivo móvel

A plataforma A360 ao permitir a visualização integral do modelo 3D e plantas 2D através de *browsers* de computadores ou dispositivos moveis, possibilita que as informações associadas aos equipamentos sejam acessíveis por qualquer utilizador com acesso à plataforma. Esta acessibilidade permite, portanto, o acesso automático, real e interativo à informação de em qualquer elemento selecionado o que leva a que funcione como uma base sustentada para o controlo e execução de ordens de trabalho. É de salientar ainda que a plataforma requer que o dispositivo se encontre conectado a uma rede *wifi* para que se proceda à sua utilização, exigindo que os seus utilizadores acautelem essa necessidade.

Esta ferramenta acaba por ser ideal para apoiar o *Facility Manager*, já que a partir da integração do *software* BIM na *Cloud*, através da *Autodesk 360*, permite aos clientes e agentes de manutenção terem um suporte para a realização das operações de gestão.

Capítulo 5

*Conclusões e
Desenvolvimentos Futuros*

Capítulo 5. Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

- 5.1. Síntese do Trabalho Realizado
- 5.2. Dificuldades Sentidas
- 5.3. Proposta de Desenvolvimentos Futuros

Capítulo 5. Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

5.1. Síntese do Trabalho Realizado

A presente dissertação pretende contribuir para a demonstração da importância da aplicação da metodologia BIM na gestão de ativos de uma infraestrutura da rede de abastecimento de água. Para a sua aplicação, é essencial a procura de linhas de orientação que permitam a definição de critérios para a aplicação desta metodologia em todas as fases do ciclo de vida de uma infraestrutura.

Este trabalho pretende, com a apresentação dum caso de estudo, mostrar um modelo real de aplicação da metodologia BIM, numa perspetiva de maximizar a rentabilização da gestão de ativos, visando assim, um permanente planeamento e controlo da gestão e manutenção dos mesmos, que promova uma rigorosa tomada de decisões, na fase de operação da infraestrutura.

A presente tese de mestrado abrange, numa primeira instância, a criação de um modelo 3D de duas infraestruturas distintas de armazenamento e distribuição de água, com base nos elementos de projeto fornecidos pela empresa responsável pela sua construção. Este modelo foi posteriormente complementado com a introdução das informações das características dos equipamentos integrados nas infraestruturas, para se proceder diretamente à criação do ficheiro COBie. Após uma breve explicação sobre o processo de exportação da informação do modelo para o ficheiro COBie, foram referidas algumas falhas apresentadas pelas folhas de cálculo. A certa altura foi possível verificar que aquando da introdução ou alteração da informação presente nas folhas de cálculo COBie, esta informação não foi possível de ser introduzida ou atualizada automaticamente no modelo, sendo necessária a reintrodução da informação no mesmo. Com intuito de alterar esta condição, foi estudado um método que possibilitasse a utilização do Excel como ferramenta de introdução/atualização de informação no modelo. Para isto, foi usado o *software* Dynamo que possibilitou a permuta automática de informação entre as duas ferramentas.

Foi ainda possível a integração do modelo tridimensional na plataforma A360, promovendo um rápido e eficiente acesso às informações existentes de cada equipamento, por parte dos operadores das infraestruturas, através de um qualquer dispositivo móvel.

A criação dum método de trabalho colaborativo, com alcance para formar uma plataforma de armazenamento de informação de todas as fases do ciclo de vida, permite aos intervenientes de cada uma destas fases a partilha de informação. As atividades que se inserem no *Facility Management* requerem o acesso a informação relevante, precisa e completa da infraestrutura, informação essa, criada durante a fase de projeto e construção que deverá ser mantida durante as fases de operação e manutenção. Esta necessidade leva a que um dos pontos essenciais na metodologia BIM passe por perceber como gerir eficientemente o “I” (“*Information*”). Esta questão levanta questões importantes como, que tipo de informação é necessária recolher, quando e como processá-la para uma posterior utilização, de forma a evitar o uso de informação incorreta ou limitada, que poderá levar a custos desnecessários e a ineficiência da fase de operação da infraestrutura. A utilização do *Building Information Modelling* para a formulação de base de dados e o COBie como ferramenta de “*data handover*” torna-se benéfica, servindo o propósito de armazenamento da informação a extrair do modelo BIM. Esta ferramenta apresenta a vantagem de evitar possíveis problemas de interoperabilidade, servindo como repositório universal de informação. No entanto, é de realçar a importância de dar início à formulação desta base de dados em fases iniciais do projeto, já que, como se pode verificar nos casos de estudo efetuados, a não realização desta tarefa limita todo o processo, não sendo possível alcançar os objetivos pretendidos.

No seguimento de todo o trabalho realizado é importante proceder a uma reflexão estratégica que possibilite a apresentação dos fatores que influenciam a aplicação do BIM na gestão de infraestruturas existentes, em particular de uma empresa que possui um parque de infraestruturas considerável como é o caso da AdRA. Posto isto, foi realizada uma análise SWOT do modelo de aplicação, que por sua vez se encontra descrita nos pontos seguintes.

Tabela 3 - Análise SOWT do método de trabalho proposto

Forças (<i>Strengths</i>)	Fraquezas (<i>Weaknesses</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • Obtenção de um modelo 3D da infraestrutura • Base de dados atualizada • Informação organizada • Sistema de partilha de informação • Planeamento sustentado das OT • Redução de custos • Acautela problemas de interoperabilidade • Elemento facilitador para a gestão de ativos • Modelo de atualização de informação numa interface Excel 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipa de trabalho pouco familiarizada • Sobrecarga do <i>software</i> • Necessidade de formação dos colaboradores • Tempo despendido na recolha de informação
Oportunidades (<i>Opportunities</i>)	Ameaças (<i>Threats</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • Investimento contínuo e inovação • Eficiência na gestão de inventários • Controlo em tempo real do parque de infraestruturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Imposição de novas práticas

5.2. Dificuldades Sentidas

No decurso da realização da presente dissertação deparou-se com diversos obstáculos, os quais teve alguma dificuldade em superar. Previamente à construção do modelo 3D das infraestruturas, foram assinaladas várias falhas e limitações no processo de recolha de informação. A inconsistência existente entre as plantas estruturais 2D facultadas e o que realmente existe no local, impossibilitou a construção do modelo tridimensional “*as-built*”.

Numa perspetiva dos equipamentos existentes nas infraestruturas, não foi possível a sua replicação geométrica exata devido à inexistência de famílias correspondentes. Isto

levou a que se optasse por introduzir outras famílias de equipamentos, alterando posteriormente a informação associada. Para além disto, a falta informação sobre as características dos equipamentos levou a que se tivesse de recorrer a vistorias ao local, de forma a recolher o maior número de informação possível. Esta quase inexistência de informação não geométrica acerca dos equipamentos integrados nas duas infraestruturas em estudo, levaram a que as folhas de cálculo COBie criadas se revelassem pouco relevantes. Este problema levanta ainda mais preocupação devido a um grande número de infraestruturas deste tipo que padecem do mesmo problema, sobressaindo a importância de se proceder a um correto armazenamento deste tipo de informação, em fases iniciais de projeto para que, se possa promover uma correta gestão dos ativos numa fase mais avançada do ciclo de vida da infraestrutura, aplicando assim um “*Maturity Level 2*”.

O desconhecimento do *software* Dynamo também se revelou um fator extremamente condicionante, uma vez que o método apresentado necessitava de conhecimentos profundos do *software*.

Apesar das folhas de cálculo COBie se encontrarem prontas para serem integradas no sistema de gestão de ativos CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), otimizando assim o processo de gestão que a empresa utiliza atualmente, não foi possível executar essa tarefa, devido à impossibilidade de se obter uma “*student version*” do *software* FM, IBM Maximo.

5.3. Proposta de Desenvolvimentos Futuros

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros sugere-se em primeiro lugar a continuação do sistema idealizado para a atualização de informação através do Dynamo. A aplicação deste sistema foi realizada apenas para a folha de trabalho “*Type*” podendo ser replicado para as restantes folhas de cálculo.

Numa perspetiva orientada para o conceito do *Facility Management*, fica registado a importância que teria para a análise do presente caso de estudo, a possibilidade de testar a importação do ficheiro COBie num *software* de gestão da manutenção, como por exemplo o IBM Maximo.

Sugere-se ainda a divulgação da metodologia BIM a nível académico, uma vez que a implementação da metodologia é cada vez mais uma realidade no sector. Em Portugal, existem ainda diversos desafios a enfrentar como a sensibilização dos Donos de Obra publico/privados para os benefícios que a metodologia acarreta, a mudança de filosofia de trabalho que promete trazer dificuldades graças à resistência dos intervenientes em alterar a sua forma de trabalhar, a criação de um novo “*player*” em todo o processo de construção, assegurando um papel de gestor de informação e, a elaboração de normas que consigam criar as linhas de orientação necessárias para uma correta aplicação da metodologia. Acrescentado a isto, o facto da indústria da construção ser formada por diferentes “silos” com interesses antagónicos, torna todo o processo de implementação mais penoso. É necessário incentivar estes silos a trabalharem em conjunto para que se possa alcançar em última análise uma indústria evoluída promovendo a digitalização de processos.

Referências

Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- Abanda, F.H. et al., 2015. A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects. *Advances in Engineering Software*, 90, pp.183–201. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965997815001337>.
- Alves, A.P. da C., 2008. *Sistemas Integrados de Manutenção - Processo SIM*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, em Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- ANSI, 2007. National Building Information Modeling Standard. *Nbim*, p.180.
- Antunes, J.M.P., 2013. *Interoperacionalidade em Sistemas de Informação*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, em Escola de Engenharia da Universidade do Minho.
- Autodesk, 2013. Revit para concepção e construção de edifícios. Available at: <http://www.autodesk.pt/products/autodesk-revit-family/features> [Accessed October 25, 2016].
- Azhar, S. et al., 2008. Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. *Proc., First International Conference on Construction in Developing Countries*, 1, pp.435–446.
- Bahar, Y. et al., 2013. A Thermal Simulation Tool for Building and Its Interoperability through the Building Information Modeling (BIM) Platform. *Buildings*, 3(2), pp.380–398. Available at: <http://www.mdpi.com/2075-5309/3/2/380/>.
- Barbosa, A.C.M., 2014. *A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- BIFM, 2016. Facilities Management Introduction. Available at: <http://www.bifm.org.uk/bifm/about/facilities> [Accessed April 1, 2016].
- BIM Industry Working Group (BIWG), 2011. Strategy Paper for the Government Construction Client Group From the BIM Industry Working Group. *Department of*

Business, Innovation and Skills, URN 11, (March), pp.1– 107.

BIMForum, 2016. Level of Development Specification.

Bryde, D., Broquetas, M. & Volm, J.M., 2013. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), pp.971–980.

Calejo, R.R., 2008. *Gestão de Edifícios - “FM - Facilities Management.”* Dissertação para conclusão de Pós-Graduação em Gestão Imobiliária, Faculdade de Economia, Universidade do Porto.

Calejo, R.R., 2001. *Gestão de Edifícios - Modelo de Simulação Técnico-económica.* Dissertação submetida para efeito de prestação de provas de Doutoramento, Departamento de Engenharia Civil, em Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cerovšek, T., 2013. I BIM International Conference. In *The True Value of BIMBuilding*. p. 28.

Contracting, 2012. BIM, Big Data, and Efficient Life-cycle Management of the Built Environment. Available at: <https://jobordercontracting.org/2012/08/06/bim-big-data-and-efficient-life-cycle-management-of-the-built-environment/> [Accessed November 9, 2016].

Costa, A.A., 2015. BIM – Building Information Modeling – A digitalização da construção na Europa e o papel central do BIM. *Construção Magazine*, 69, pp.4–5.

Dispenza, K., 2010. The Daily Life of Building Information Modeling (BIM). Available at: <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim> [Accessed December 20, 2016].

Dynamo, 2016. Discover Dynamo. Available at: <http://dynamobim.org/explore/> [Accessed October 26, 2016].

East, B., 2014. Construction-Operations Building Information Exchange (COBie). Available at: <https://www.wbdg.org/resources/cobie.php> [Accessed March 22, 2016].

- Eastman, C. et al., 2008. *BIM Handbook Paul Teicholz Rafael Sacks*,
- Engelbart, D.C., 1962. Augmenting Human Intellect: a Conceptual Framework. Available at: <http://www.dougenelbart.org/pubs/augment-3906.html>.
- Engenheiros, O. dos, 2014. *Material de Apoio ao Curso de BIM 1ª Edição*,
- Eriksson, G., 2014. *BIM in Facility Management*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre, Department of Civil and Environment Engineering, Chalmers University of Technology.
- Falcão, M.J. et al., 2016. BIM Development in Portugal: Roadmap Proposal for Contribution to a Sustainable AECO Sector. *41 IAHS World Congress, Sustainability*(September).
- Falorca, J., Rodrigues, C. & Silva, M., 2011. A utilidade das aplicações informáticas na gestão da manutenção de edifícios. *2º Forum Internacional de Gestão da Construção - GESCON 2011: Sistemas de Informação na Construção*, pp.1–10.
- FEPICOP, 2015. *Conjuntura da Construção nº79*, Lisboa: FEPICOP - Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas.
- Gil, A.C., 2011. *Modelos Digitais – Geometria Associativa: particularidade da musealização de monumentos em extensão*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.
- Grieves, M., 2006. *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking*, New York: McGraw Hill.
- GSA, 2012. 3D-4D Building Information Modeling. Available at: http://www.gsa.gov/portal/content/105075?utm_source=PBS&utm_medium=pri [Accessed April 1, 2016].
- GSA, 2011. GSA BIM Guide For Facility Management. , Version 1. Available at: http://www.gsa.gov/largedocs/BIM_Guide_Series_Facility_Management.pdf [Accessed November 30, 2016].
- Hub, T.B., 2015. IFC bridges gaps in interoperation. Available at:

<https://thebimhub.com/2014/01/15/ifc-bridges-gaps-interoperation/#.WA6kMYWcG00> [Accessed October 25, 2016].

Jordani, D.A., 2010. BIM and FM: The Portal to Lifecycle Facility Management. *Journal of Building Information Modelling*.

Lavy, S. & Jawadekar, S., 2014. A Case Study of Using BIM and COBie for Facility Management. *International Journal of Facility Management*, 5(2), pp.13–27. Available at: <http://ijfm.net/index.php/ijfm/article/view/110/114>.

Lino, J.C., Azenha, M. & Lourenço, P., 2012. Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012*, pp.24–26.

Lopes, T., 2005. *Fenómenos de pré-patologia em manutenção de edifícios aplicação ao revetimento ETICS*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, em Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

McPhee, A., 2013. What is this thing called LOD. Available at: <http://practicalbim.blogspot.pt/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html> [Accessed November 30, 2016].

Mohammed, A.H., 2014. Facility Management History and Evolution. *International Journal of Facility Management*, 5(1).

Motzko, C. et al., 2011. Computer Methods in Construction. In Darmstadt, Warsaw: Construction Managers' Library.

Oliver, 2011. BIM – is it just marketing fluff? *Korec Group*. Available at: <http://www.korecgroup.com/blog/?p=1425> [Accessed November 30, 2016].

Pina, H.R.M., 2015. *Metodologia BIM na Gestão da Manutenção de uma Estação Elevatória*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

Ristimäki, M., 2014. Improving Life Cycle Management by employing BIM in Real Estate Management – Case Study.

Rodas, I.A.R. de F., 2015. *Aplicação da Metodologia BIM na Gestão de Edifícios*.

- Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, em Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Sapp, D., 2015. Computerized Maintenance Management Systems (CMMS). *Whole Building Design Guide*. Available at: <http://www.wbdg.org/om/cmms.php> [Accessed October 20, 2016].
- Silva, J.M.S., 2013. *Princípios para o Desenvolvimento de Projetos com Recurso a Ferramentas BIM*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
- Silva, V., 2003. A Revisão dos Projectos como Forma de Reduzir os Custos da Construção e os Encargos da Manutenção de Edifícios.
- Soares, J.D.R.T., 2013. *A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático*. Relatório de estágio para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Stephens, T., 2016. Revit worksharing. Available at: [www.atsicad.com/wp.../Revit-Worksharing-White-Paper.pdf](http://www.atsicad.com/wp-content/uploads/2016/10/Revit-Worksharing-White-Paper.pdf) [Accessed October 25, 2016].
- Tarrafa, D.G.P., 2012. *Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra.
- Ustinovičius, L. et al., 2015. Innovative Research Projects in the Field of Building Lifecycle Management. *Procedia Engineering*, 122(Orsdce), pp.166–171. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705815031100>.
- Venâncio, M.J.L., 2015. *Avaliação da Implementação de BIM - Building Information Modeling em Portugal*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre, Departamento de Engenharia Civil, em Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.